

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.com

в течение всего этого периода эксплуатировали мосты в Киеве через Днепр и у города Острова через реку Великую с пролетами в свету 134 и 93 м [39, с. 76—78].

Наглядное представление о развитии нашего отечественного железнодорожного мостостроения дает составленная в 1908 г. Е. О. Патюном сводка о числе мостов с пролетом более 90 м [44, 45, с. 351—353]:

Год	Год	Год	Год
1871 . . . 1	1892 . . . 1	1899 . . . 2	1905 . . . 3
1880 . . . 1	1893 . . . 4	1901 . . . 5	1906 . . . 5
1883 . . . 3	1896 . . . 1	1902 . . . 2	1907 . . . 4
1885 . . . 1	1897 . . . 11	1903 . . . 1	1908 . . . 5
1888 . . . 2	1898 . . . 1	1904 . . . 6	

6. СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЕЙ

Развитие железнодорожного, водного и городского (особенно рельсового) транспорта вызвало во многих странах мира необходимость строительства специальных подземных сооружений — тоннелей. Все тоннели, созданные в рассматриваемый период, по назначению можно подразделить на три основные группы: 1) железнодорожные, 2) судоходные, 3) городских железных дорог (метрополитенов).

В последней трети XIX в. огромный размах получило строительство железнодорожных тоннелей. В сооружении железнодорожных тоннелей остро нуждались промышленно развитые европейские страны — Италия, Франция, Швейцария и некоторые другие, расположенные в районе наиболее высокой в Европе альпийской горной системы.

Связи между этими странами издавна осуществлялось с помощью гужового транспорта по сложным, длинным и весьма опасным шоссе-дорогам. Такие дороги прокладывали по трассам, огибающим горную цепь кругом, или по ущельям и перевалам, куда медленно, с трудом поднимались лошади. Высота отдельных перевалов, связывающих, например, Италию с Францией, достигает более 2,5 км.

Использование таких дорог для железнодорожного транспорта оказалось невозможным. Длинные и тяжелые поезда не могли брать крутых подъемов, передвигаться с резкими поворотами, доступными конному обозу.

В условиях все расширяющихся международных связей и торговли традиционная система гужового транспорта уже не удовлетворяла требованиям капиталистического общества. Строительство железнодорожных тоннелей стало насущной необходимостью.

Первый небольшой железнодорожный тоннель протяженностью 1,19 км был проложен в Англии еще в 1826—1830 гг. на линии Ливерпуль—Манчестер.

Франция и Италия первые начали прокладывать крупнейшие тоннели, которые должны были связать эти две страны. Необходимость постройки такого тоннеля через Альпы отмечал еще в 1832 г. ученый И. Мадаиль. Однако в то время его проект был воспринят скептически.

В 1845 г. итальянское правительство сочло необходимым приступить

к строительству тоннеля у перевала Мон-Сени в Альпах и поручило известному бельгийскому инженеру Мозу и геологу Зизмонди составить проект.

В 1857 г. на основе этого проекта под руководством итальянского инженера Г. Соммолье приступили к строительству Мон-Сенийского тоннеля длиной 12 849 м. Его начали прокладывать с двух противоположных сторон: от итальянской деревни Бардонэкки и от французской деревни Модан. Первые четыре года работы вели вручную и в сутки удавалось проходить в среднем 0,63 м тоннеля. С 1861 г. работы пошли быстрее благодаря использованию в строительстве бурильных пневматических машин ударного действия системы Соммолье [24, с. 516]. С их помощью бурили шпур, в которые закладывали пороховые заряды. Вузовзрывные работы значительно ускорили строительство. Тоннель соорудили в сложных геологических условиях. Строителям приходилось преодолевать твердые породы, нередко чередующиеся с рыхлыми и сыпучими образованиями, вести борьбу с водными потоками. По мере удлинения тоннеля сокращался приток свежего воздуха, затруднялось дыхание, что грозило приостановкой работ. Выход был найден благодаря установке с обоих концов тоннеля мощнейших по тому времени всасывающих аппаратов, которые приводились в действие энергией горных рек.

21 декабря 1870 г. французские и итальянские рабочие соединили участки своих тоннелей. Тоннель был проложен с высокой точностью. Оба его участка почти полностью совпали. Потребность в отклонении их осей длиной почти 13 км не превышала 2 см, что свидетельствует о высоком уровне геодезических работ, а следовательно, о крупном достижении строительной науки и техники.

17 сентября 1871 г. двухпутный Мон-Сенийский тоннель, строившийся почти 15 лет, был открыт для движения поездов между Парижем и Турин. Кроме Италии и Франции, в сооружении тоннеля принимала участие и Швейцария [46, с. 23—29; 47, с. 110].

Успешное завершение строительства Мон-Сенийского тоннеля положило начало сооружению других крупных альпийских тоннелей.

В 1872 г. началось строительство Сен-Готтардского тоннеля длиной 14 984 м в Лепонтинских Альпах в Швейцарии. Тоннель начинался у итальянской деревни Айроло. Сооружение тоннеля было поручено инженеру Фавру, который обязался построить его в течение 8 лет. Однако в процессе строительства возник ряд непредвиденных технических трудностей. В результате инженер Фавр потерпел большой убыток, потерял свое состояние и умер, не окончив работ. Строительство тоннеля, продолжавшееся в общей сложности 9,5 лет, было закончено без него с опозданием на 1,5 года.

С какого-то конца тоннеля работали одновременно не менее 400 рабочих. Для транспортировки горной породы, доставки инструмента, обделочного камня и других материалов использовали пневматические локомотивы. Сжатый воздух к локомотивам и бурильным машинам подавался в тоннель мощными насосами, для привода которых использовали энергию местных рек. Отработанный в пневматических локомотивах и бурильных машинах сжатый воздух поступал в тоннель, пополняя таким образом дефицит кислорода. На строительстве были впервые применены также гидравлические бурильные машины вращательного действия немецкого инженера А. Брандта, работающие при давлении воды до 150 ат.

В марте 1880 г. Сен-Готардский тоннель был пробит. По случаю этого знаменательного события четырем тысячам рабочих, принимавших участие в сооружении тоннеля, были вручены специальные медали. Официально Сен-Готардский тоннель открыли для движения железнодорожных поездов в 1881 г. [46, с. 29—31; 48].

Опыт строительства Мон-Сенийского и Сен-Готардского тоннелей был использован при сооружении у горного перевала Симплон в Швейцарии (стык Пенинских и Лепонтинских Альп) Симплонского тоннеля протяженностью 19 732 м. Он должен был соединить местечко Изелле (Италия) и город Бриг (Швейцария) и таким образом установить прямое железнодорожное сообщение между городами Миланом и Берном.

Строительство Симплонского тоннеля началось в 1898 г. под руководством А. Брандта.

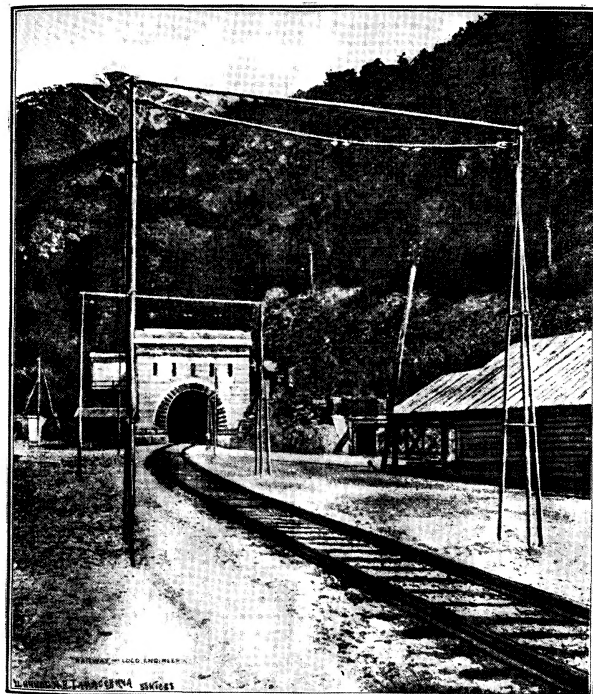
При прокладке Симплонского тоннеля инженеры поставили задачу избежать крутых уклонов подходящей к тоннелю железнодорожной линии с целью увеличить составы поездов. Для этого тоннель решили строить у самой подошвы горной цепи Монте-Леоне. Отметим, что все предыдущие тоннели через Альпы начинались на сравнительно большой высоте (не менее 1100 м над уровнем моря), в связи с чем подходящие к ним железнодорожные составы вынуждены были подниматься на большую высоту, преодолевая при этом крутые уклоны.

В отличие от Мон-Сенийского и Сен-Готардского тоннелей, авторы проекта нашли более выгодным строить не один двухпутный тоннель, а два однопутных, шириной 5 м и высотой 5,5 м каждый, проложенных параллельно на расстоянии 17 м один от другого.

Вначале построили целиком один тоннель. Второй намечалось завершить позже, когда возрастет движение поездов. Поэтому во втором тоннеле пробили лишь узкую галерею, используя ее для строительства первого тоннеля. Галерея через определенные промежутки имела ходы сообщения с первым тоннелем. По ней подвозили инструменты, динамит и строительные материалы. Она служила также для вентиляции и отвода грунтовой воды. По первому тоннелю вывозили горную породу [46, с. 35]. Быстрая прокладка тоннеля в значительной мере обеспечивалась хорошо организованной работой железнодорожного транспорта. Для откатки горной породы и доставки к месту работ строительных материалов использовали до 30 пар грузовых поездов в день. Поезда обслуживались обыкновенными танк-паровозами и пневматическими локомотивами [49, с. 6, 7].

Условия работы при строительстве Симплонского тоннеля были крайне сложными и тяжелыми. Приходилось бороться с грунтовыми водами, недостатком воздуха. Внутри тоннеля местами температура воздуха доходила до 56—57° С. Только благодаря введению мощной системы вентиляции и водяного охлаждения удалось завершить сооружение тоннеля. За 6,5 года, в течение которых строился тоннель, произошло 8470 несчастных случаев, из них 44 со смертельным исходом [49, с. 11, 12].

2 апреля 1905 г. Симплонский тоннель был открыт и через него в этот день прошли два первых поезда: один от Брига, другой от Изелле. Первая мировая война задержала работы по завершению строительства второго тоннеля, движение поездов по которому началось в декабре 1921 г. [46, с. 35].



Вид северного входа в Симплонский тоннель

Вслед за Симплонским тоннелем в 1906 г. в Швейцарии приступили к строительству Лечбергского тоннеля длиной 14 605 м, законченного в 1911 г. Тоннель был проложен под Бернскими Альпами на высоте 1244 м между местечками Копенштейн и Кандерштег. Через тоннель прошла двухпутная электрическая железная дорога Берн—Шпицберг [46, с. 37].

Строительство описанных выше альпийских горных тоннелей, поражающих своей протяженностью и грандиозным объемом вынутого скального грунта, стало возможным благодаря широкому использованию достижений горной и строительной науки, замечательным инженерным решениям и мужеству рабочих-строителей. Именно этим можно объяснить сокращение сроков сооружения и стоимости по мере введения в строй новых тоннелей. За 40 лет со времени постройки в 1871 г. первого Мон-Сенйского тоннеля и завершения в 1911 г. четвертого Лечбергского тоннеля средняя стоимость проходки одного погонного метра тоннеля снизилась с 1870 до 1000 золотых рублей. Эти и другие сравнительные данные, характеризующие прогресс в области тоннелестроения, приведены в таблице [46, 47].

Тоннель	Длина, м	Продолжительность строительства, годы	Среднее время проходки, 1 пог. м в день	Стоимость постройки всего тоннеля, млн. рус. золотых рублей	Средняя стоимость 1 пог. м тоннеля, рус. золотые рубли
Мон-Сенйский	12 849	15	2,3	24	1870
Сен-Готардский	14 984	9,5	4,3	19	1280
Симплонский	19 732	6,5	8,3	22	1120
Лечбергский	14 605	5	7,9	15	1000

До первой мировой войны 1914—1918 гг. было построено 26 тоннелей длиной более 5 км каждый.

В России строительство первых железнодорожных тоннелей относится к концу 50-х — началу 60-х годов XIX в. В 1862 г. был построен Ковенский двухпутный железнодорожный тоннель длиной 1280 м, прокладка которого началась в 1859 г. Работами руководил выпускник Петербургского института инженеров путей сообщения инженер Перрот.

В рассматриваемый период в России было сооружено много тоннелей различной протяженности на железных дорогах Крыма, Кавказа, Сибири и Урала.

Самый длинный из них — Сурамский тоннель на Кавказе длиной 3992 м, проходящий через Сурамский горный хребт, возвышающийся на 900—1000 м над уровнем моря. Идея создания этого тоннеля возникла в 70-х годах XIX в. при строительстве Закавказской железной дороги. В 1874 г. инженер Мышенков приступил к подробной съемке района сооружения будущего тоннеля.

Прокладка тоннеля началась в 1886 г. с западной и восточной сторон одновременно. Первые месяцы работы вели вручную, а с июня 1887 г. стали применять бурные машины системы Брандта. Машины передвигали в галерею по рельсам. С их помощью высверливали от 5 до 11 шпуров глубиной до 2,0—2,5 м, закладывали в них патроны динамита и затем взрывали. Для транспортировки разрушенной горной породы использовали вагонетки, запряженные лошадьми. В образовавшуюся в результате взрыва полость галерей затем подводили новый отрезок рельсового пути, по которому бурильную машину подкатывали к участку работы. В зависимости от характера горных пород в сутки удавалось пройти в среднем 3,5—4, иногда 5—6 м, и в лучшем случае до 10—11 м. Последние цифры

можно считать для того времени рекордными. Трасса тоннеля была сложной. Много хлопот строителям принесли грунтовые воды, иногда обрушивавшиеся из водоносных пластов мощными потоками. Так, 5 сентября 1888 г. по этой причине были прекращены работы на восточной стороне тоннеля, после чего пробивку продолжали лишь с западной стороны. Работы вели круглые сутки в две смены при двенадцатичасовом рабочем дне.

Сурамский тоннель проходит через слабые грунты. В процессе работы в узких местах устанавливали деревянные крепи, состоящие из боковых стоек и потолочных балок, на которые укладывали доски по всей ширине потолка. Учитывая ненадежность грунта, тоннель на всем протяжении выложили каменем. Расчет на прочность и устойчивость каменного свода тоннеля как упругой арки впервые в нашей стране сделал известный русский ученый Я. Ф. Николай [50, с. 16].

12 октября 1888 г. обе части тоннеля были соединены с весьма большой точностью: ось направляющих штолен разошлась в горизонтальной плоскости всего лишь на 12,8 см, а в вертикальной — на 4,3 см.

При сооружении тоннеля было вынуто 335 тыс. м³ грунта, что объясняется значительной шириной тоннеля, рассчитанного на двухпутное железнодорожное сообщение [50, с. 16, 17].

Сурамский тоннель был наиболее длинным из всех тоннелей, существовавших в дореволюционной России. Его постройка служила образцом для отечественного тоннелестроения. Методы работ и конструкции, принятые при его сооружении, широко использовали при строительстве многих других тоннелей на Кавказе, в Центральной России, на Кругобайкальской, Китайско-Восточной, дальневосточных и ряде других железных дорог.

Крупнейшим по протяженности в центральной части России был Северо-Донецкий тоннель длиной 2058 м. Он строился в течение 1913—1915 гг. для однопутной железнодорожной линии на Северо-Донецкой железной дороге и был открыт в 1916 г. [46, с. 22; 50, с. 19].

Ранее, в 1897—1904 гг. на бывшей Китайско-Восточной железной дороге (Китайская Чанчуньская) было сооружено девять двухпутных тоннелей, общая протяженность которых составила 4310 м, и среди них Хинганский тоннель длиной 3078 м. При строительстве (1902—1904 гг.) Кругобайкальской железной дороги на сравнительно небольшом ее участке было проложено несколько десятков двухпутных тоннелей общим протяжением 7296 м. Из них самый длинный имел длину 778 м, а наиболее короткий 25 м. Сооружение тоннелей на Кругобайкальской железной дороге и на некоторых других участках Великой Сибирской магистрали велось под руководством профессора А. В. Ливерского [50, с. 18, 19].

Особое место занимают судоходные тоннели, которые сооружают в комплексе с судоходными каналами, пересекающими горные хребты и возвышенности. Первый судоходный тоннель длиной около 160 м был построен еще в 1681 г. во Франции.

Наиболее крупный судоходный тоннель Ронский (Ровский) во Франции на канале Марсель—Арль длиной 7118 м, шириной 22 м и высотой 14,4 м обеспечил судоходное сообщение Марсельского порта с рекой Рон и дал возможность пропускать суда водоизмещением до 1000 т. При сооружении тоннеля строители выполнили огромный объем земляных ра-

бот. Было вынуто 2,3 млн. куб. м грунта, что в 1,5 раза превышает объем земляных работ при сооружении наиболее крупного Симпсонского тоннеля. Тоннель выложен каменной кладкой со сводом овальной формы. Сооружение Роуского тоннеля началось в 1911 г. и продолжалось 10 лет [46, с. 47—49].

Строительство тоннелей для городского рельсового транспорта в рассматриваемый период неразрывно связано с быстрым ростом городов, которые по мере развития капитализма, централизации и концентрации производства, образования монополий и промышленных комплексов стали превращаться в крупные индустриальные центры. Стремительный рост городского населения происходил во всех промышленно развитых капиталистических государствах. Так, в Англии доля городского населения возросла за период с 50-х годов XIX в. до начала XX в. с 50 до 78%. В Германии в 80-х годах XIX в. на города приходился 41% населения, а в начале XX в. уже 54,3%. В США городское население возросло за это время с 28,6 до 40%.

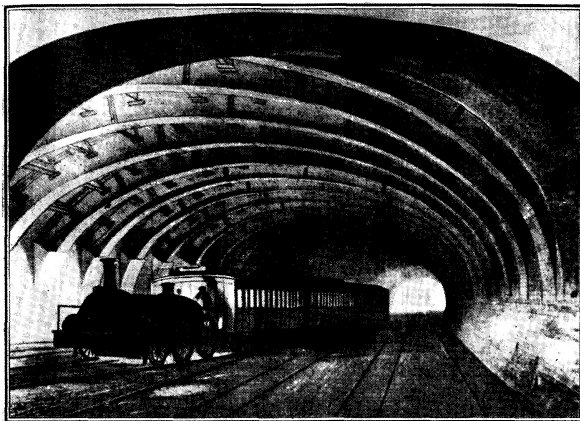
Крупнейшими промышленными центрами с быстро растущим населением становятся Лондон, Париж, Берлин, Нью-Йорк и ряд других городов. С 1850 по 1900 г. население возросло в Лондоне с 2 млн. 363 тыс. до 4 млн. 536 тыс., Париже — с 1 млн. 53 тыс. до 2 млн. 714 тыс., Берлине — с 419 тыс. до 1 млн. 890 тыс., Нью-Йорке — с 696 тыс. до 3 млн. 437 тыс. человек.

Возникновение крупных городов поставило задачу создания новых видов городского транспорта, способного быстро и надежно обеспечивать массовые перевозки пассажиров. Таким видом транспорта стали метрополитены¹². Подземная железная дорога, представляющая тоннель с комплексом необходимых технических сооружений и устройств, не загромождающая уличной дорожной сети и не имея пересечений на одном уровне, обеспечивает большую пропускную способность, регулярность и высокую эксплуатационную скорость движения поездов.

Поэтому не случайно, что именно в Лондоне — городе с самым большим во второй половине XIX в. населением — появилась первая подземная дорога. Ее построила в 1860—1863 гг. фирма «Metropolitan Railway», проложив тоннель мелкого заложения. Дорога имела длину 3,6 км и обслуживалась паровозами. К 1882 г. в Лондоне были созданы еще четыре участка подземной дороги, после чего сеть метрополитена стала быстро расти. С 1890 г. здесь началось строительство тоннелей глубокого заложения. Вслед за Лондоном в 1897 г. метрополитен строится в Глазго. Огромное значение для развития метрополитена имел переход в 90-х годах с паровой тяги на электрическую, прекратившую загрязнение тоннелей дымом и копотью. Электрификация коренным образом улучшила эксплуатацию городского подземного транспорта.

В 1896 г. была построена линия метрополитена в Будапеште, ставшая первой подземной железной дорогой на Европейском континенте. К 1898 г. относится ввод в эксплуатацию метрополитена в Вене. В 1900 г. создана подземная железная дорога в Париже. Ввод в эксплуатацию первой линии

¹² Линии метрополитена могут быть также наземными и надземными (на эстакадах). Надземная железная дорога городского типа была построена в 1868 г. в Нью-Йорке. Она приводилась в движение с помощью канатной передачи, которую в 1871 г. заменили паровой, а в 1890 г. — электрической.



Тоннель Лондонского метро (1863 г.)

Парижского метрополитена был приурочен к открытию Всемирной промышленной выставки 1900 г. Затем подземные железные дороги сооружаются в столицах и крупных промышленных городах других европейских государств: Берлине (1902 г.), Гамбурге (1912 г.), Мадриде (1919 г.), Барселоне (1924 г.), Афинах (1925 г.).

На Американском континенте первая подземная дорога построена в Нью-Йорке в 1868 г. Вслед за ней вступили в строй метрополитены в Чикаго (1892 г.), Бостоне (1901 г.), Филадельфии (1907 г.), Буэнос-Айресе (1913 г.).

В процессе тоннелестроения инженеры столкнулись с проблемой создания подводных тоннелей. Особенно это проявилось при сооружении городских подземных железных дорог. Пришлось решать одну из сложных и ответственных технических задач тоннелестроения.

Начало сооружению подводных тоннелей было положено инженером М. И. Брюнелем, построившим под Темзой в Лондоне тоннель для движения экипажей и пешеходов (1825—1843 гг.). Тоннель длиной 360 м состоит из двух отдельных проездов шириной каждый по 4,2 м. Они разделены между собой столбами, перекрытыми арками. Строительство этого тоннеля стало возможным благодаря разработанному М. И. Брюнелем способу ведения тоннельных работ с использованием проходческого щита. Нововведение Брюнеля представляло подвижную прочную сборную

конструкцию, обеспечивающую безопасное проведение горной выработки и выполнение работ по созданию постоянной крепи (обделки) [46, с. 67, 68].

Применение проходческих щитов создало предпосылки для успешного развития подводного тоннелестроения.

В 1868 г. началось сооружение нового тоннеля под Темзой длиной 411 м, предназначенного для железнодорожного движения. Работы велись под руководством инженера Барлоу и были выполнены за 11 месяцев. В 1892—1897 гг. под Темзой в Лондоне был построен Блекуэлский тоннель для экипажей и пешеходов длиной 1890 м. Часть его, расположенная под ложем реки, составляла 366 м.

Крупнейшим сооружением стал подводный тоннель под рекой Гудзон в Нью-Йорке между Мангатамом и Джерслей-Сити длиной 1600—1700 м. Его строительство было сопряжено с большими техническими трудностями и продолжалось 26 лет, с 1879 по 1905 г. [46, с. 52].

Как видим, в области тоннелестроения рассматриваемый период примечателен огромными техническими достижениями. Прокладка гигантских тоннелей стала возможной благодаря серьезным качественным сдвигам в развитии строительной науки, успехи которой достаточно эффективно использовались на практике. Сооружение тоннелей, отличающееся технологической сложностью и трудоемкостью, требовало огромных капиталовложений, материальных затрат, привлечения квалифицированных специалистов и рабочих. Поэтому их строительство было возможным лишь при участии крупных капиталистических фирм и монополистических объединений. Градиентность тоннелестроения побуждала нередко предпринимателей с целью сосредоточения капитала для организации эффективного производства работ привлекать капиталистические монополии и банки нескольких стран.

История строительства тоннелей является наглядной иллюстрацией к выводам, сделанным В. И. Лениным в работе «Империализм, как высшая стадия капитализма», что в условиях империализма магнаты финансового капитала — верхушка монополистической буржуазии, сосредоточивают в своих руках все рычаги господства во всех сферах экономической жизни¹⁹.

ЗАРОЖДЕНИЕ И НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДПОСЫЛОК

До начала XX в. предпринимались неоднократные попытки атмосферных полетов на аппаратах тяжелее воздуха. Эти попытки, более или менее удачные, были в основном эмпирическими, так как научные знания в этой области существенно отставали от работ конструкторов летательных аппаратов. Сначала усилия изобретателей были направлены на создание летательных аппаратов машущего полета с мускульным источником энергии. Однако несовершенство подобных устройств убедило ученых в необходимости использовать механическую силу. В начале XVIII в. были предложены проекты механических летательных аппаратов с машущим крылом, а в середине века — с несущим винтом (геликоптерная схема) [1—4].

Впервые описание принципиальной схемы самолета появилось на рубеже XVIII и XIX вв. в статье «О воздушном плавании» английского ученого Дж. Кейли, опубликованной в 1809 г. (датирована автором 1799—1804 гг. [5, с. 21]). Он же в 1809 г. создал и успешно испытал полноразмерный планер с площадью крыла около 20 м², а также сделал попытку запуска планера с человеком на борту [2, с. 186]. Таким образом, научно обоснованная конструкция безмоторного самолета (планера) возникла одновременно с его принципиальной схемой. Однако деятельность Кейли в этот период была лишь отдельным эпизодом в истории авиации, не получив особого развития. Более того, почти 40 лет отлегают работы Кейли от следующих попыток конструирования самолета.

В 1843 г. англичанин В. Хенсон получил патент (заявка была подана на год раньше) на первый в истории проект самолета с двигательной установкой — паровым двигателем [6, с. 53]. Конструкция самолета, названного автором «Ариель», была проработана весьма детально и имела все основные узлы и элементы современного самолета (полный вес 1360 кг, площадь крыла 425 м², мощность мотора 30 л. с.). «Ариель» имел схему моноплана с одним мотором и двумя толкающими винтами в прорезях крыла. Два винта, по мнению Хенсона, должны были обеспечить поперечную устойчивость в полете. Для облегчения взлета «Ариеля» Хенсон предложил устроить наклонную дорожку.

Прежде чем приступить к строительству своего самолета, Хенсон решил испытать несколько моделей. Успеха ему достичь не удалось — модели не летали, и в 1847 г. эти эксперименты были прекращены. В 1848 г. работавшую модель парового самолета создал соратник Хенсона Дж. Стрингфелло. Попытки построить самолет Хенсон так и не предпринял, хотя сконструировал и пытался создать специальный легкий паровой двигатель с конденсатором [6, с. 50—53]. Впервые на летательном аппа-

¹⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 27, с. 358.

рат (аэростат) паровая машина была установлена только в 1852 г. А. Жиффаром [6, с. 32—35].

В конце 40-х годов XIX в. вновь начал заниматься конструированием аппаратов тяжелее воздуха Дж. Кейли. Проанализировав возможности паровой машины, он пришел к выводу о ее неприменимости в силу высокого веса на единицу мощности. Другой тип двигателя Кейли найти, естественно, не смог. Однако ему удалось построить несколько планеров и даже запустить один из них [5, с. 23].

В 50-е годы XIX в., когда развитие аэростатических аппаратов переживало известный кризис (из-за отсутствия средств управления их движением), появилось много новых проектов самолета схемы Хенсона и других схем (например, проект парового самолета, имеющего птичью форму, французца М. Лу [2, с. 229, 230]).

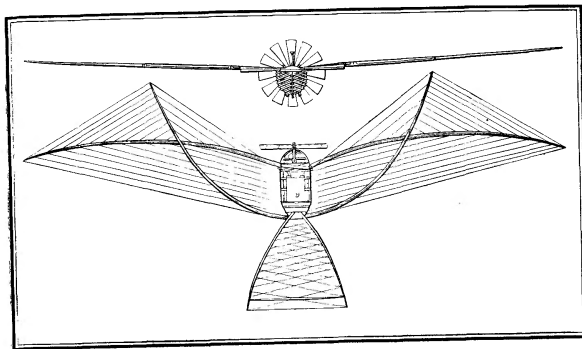
Наибольший интерес представляет идея французского инженера Ф. дю Тампля, который после экспериментирования с летающими моделями в 1857 г. запатентовал проект моноплана с паровой машиной и тянущим винтом. Разрабатывая (совместно со своим братом) двигатель для своего самолета, дю Тампль изобрел широко распространенный позже в технике водотрубный паровой котел. Схема самолета выглядит для того времени весьма современной, однако принятая мощность двигателя (6 л. с.) при весе самолета 1000 кг была, конечно, недостаточной [7, с. 184].

В 60-е годы XIX в. впервые разработан проект крупного пассажирского самолета с паровым двигателем на 120 человек. Автор его — известный русский инженер Н. А. Телешов [9, с. 21].

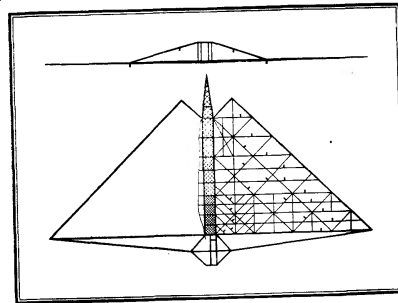
К этому времени окончательно сформировалась главная проблема, которая стояла на пути к строительству реального самолета, — создание легкой двигательной установки. Паровые машины оставались по-прежнему весьма несовершенными, электрические установки не оправдали себя даже на аэростах, а двигателей внутреннего сгорания еще не было. В результате, как ни удивительно для нас сейчас, появились проекты реактивных самолетов.

В 1867 г. Телешов переработал свой проект на другой тип двигателя — «теплородный духомет» (пульсирующий реактивный двигатель). Самолет (по-прежнему на 120 пассажиров) имел треугольное крыло тонкого профиля. На этот, как и на предыдущий проект Н. А. Телешов получил французский патент [10]. В том же 1867 г. в Англии получили патент на реактивный самолет с треугольным крылом (монопланной и бипланной схем) Баттлер и Эдвардс [2, с. 68]. В 1872 г. опубликовал свою схему летательного аппарата с жидкостным ракетным двигателем Ф. Ариас [11].

Почти все конструкторы самолетов в XIX в. начинали свои работы с попыток запуска летающих моделей, однако до конца 60-х годов практически летающих моделей создано не было. Первые ощутимые результаты были получены французом А. Пено, который с 1871 г. строил и успешно запускал небольшие, очень легкие модели самолетов с резиновыми моторчиками («планефоры») [5, с. 43]. При весе в несколько десятков граммов они летали десятки секунд. Затем Пено пытался перейти к строительству самолета. Он получил в 1876 г. патент на самолет-амфибию с монопланым крылом, паровой машиной и двумя тянущими винтами, но к постройке его не приступил [5, с. 44].



Проект самолета с паровым двигателем дю Тампля (1857 г.)



Проект реактивного самолета с треугольным крылом Н. А. Телешова (1867 г.)

С конца 60-х годов XIX в. совершались попытки строить модели больших масштабов. В этот период очень интересные по схеме, но не летавшие модели создавал Стрингфелло. В 1873 г. построил модель самолета с двумя крыльями — тандем (идея принадлежит англичанину Т. Уолкеру, 1831 г.) с резиновым мотором и задним рулем высоты — англичанин Д. Браун, один из организаторов (1866 г.) первого в мире английского аэронавтического общества. Большую модель самолета с паровым двигателем мощностью 3 л. с. построил в 1875 г. англичанин Т. Мой. Его модель весом 55 кг впервые оторвалась от земли, поднявшись над разгонной

дорожкой на 15 см [5, с. 26, 46]. В конце 70-х годов успешно летали модели В. Татена с моторчиками, работающими от сжатого воздуха, а в начале 80-х годов — Л. Харгрева (будущего изобретателя змеев корабчатого типа) [7, с. 225].

2. ПЕРВЫЕ ПОПЫТКИ СОЗДАНИЯ САМОЛЕТА

Бурное развитие капиталистического производства в 70-е — 80-е годы XIX в. породило новую волну технического изобретательства. Достижения машиностроения быстро становились широким достоянием технической мысли, что, разумеется, не могло не сказаться на развитии авиационной техники. В этот период к двум ведущим странам в данной области — Франции и Англии подключается третья — Россия, где в 80-е годы появился ряд проектов и конструкций, эталонных для всей истории авиации.

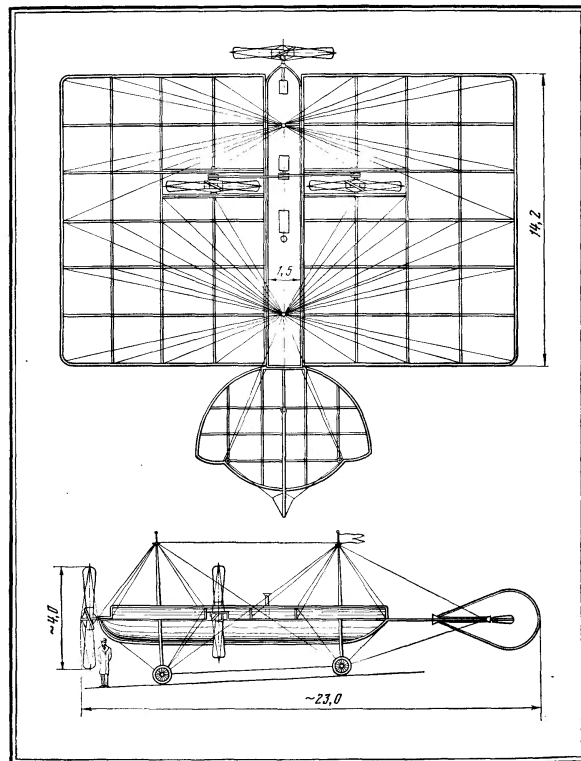
В марте 1881 г. создает проект ракетного летательного («воздухоплавательного») аппарата народоволец Н. И. Кибальчич [12, с. 603]. В 1887 г. публикует свою брошюру «Общие основания устройства воздухоплавательного парохода (паролета)» Ф. Р. Гешвенд. Это был проект реактивного самолета с крылом площадью 30 м² и двигателем тягой 1350 кг. Расчетная скорость полета была по тем временам неслыханной — 275 км/ч. Однако приступить к осуществлению своего проекта Гешвенду не пришлось [13, с. 141]. В середине 80-х годов ведет свои исследования в области реактивных двигателей С. С. Неждановский.

Самый большой вклад в развитие авиационной техники на этом этапе внес русский морской офицер А. Ф. Можайский, который первым в мире построил полноразмерный самолет с паровой двигательной установкой.

А. Ф. Можайский, как и многие его предшественники, начинал с изучения полета птиц и с запусков небольших моделей самолетов, в чем добился немалых успехов. В 1878 г. он представил описание своего самолета («воздухоплавательного снаряда»), а в 1880 г. приступил к его постройке. Конструкция неоднократно им дорабатывалась и примерно к 1882—1884 г. была завершена [14]. Затем, как можно заключить из косвенных архивных источников, начались испытания. Самолет с пилотом на борту оторвался от земли и, пролетев несколько десятков метров, свалился на крыло и упал. К сожалению, официальных документов о полете до сих пор не найдено [15, с. 28—35].

На самолете, весившем около тонны, были установлены два весьма совершенных паровых двигателя мощностью 20 и 10 л. с., весом соответственно 45 и 28 кг (не считая котла с холодильником и винтов, изготовленных по эскизам Можайского в Англии). Большое плоское крыло (площадь 370 м², нагрузка 2,5—3 кг/м²) имело форму прямоугольника с вырезами для двух винтов (еще один винт был в носовой части). Кроме того, было предусмотрено хвостовое оперение (поворотные киль и стабилизатор) и фюзеляж лодочного типа с колесным шасси [14, с. 82, 83]. Таким образом, первый в мире фактически построенный моторный аппарат тяжелее воздуха имел все основные элементы современного самолета.

Самолет А. Ф. Можайского (как и многих его последователей) не стал практическим летательным аппаратом. Согласно расчетам проф. В. Ф. Болховитина, при параметрах самолета (приблизенно им при-



Проект самолета А. Ф. Можайского
(патент 1881 г.)

яты: взлетный вес 950 кг, относительный вес планера 0,61, аэродинамическое качество на взлете 9, аэродинамическое сопротивление на единицу мощности двигательной установки 3 кг/л. с.) удельный вес двигательной установки должен быть не более 8,3 кг/л. с. У Можайского фактически был 8 кг/л. с. (вес двигательной установки 240 кг) [16, с. 15]. Столь небольшой запас мощности соответствовал возможности отрыва от земли, но был мал для полета. Другой принципиальный недостаток первого самолета, как и всех конструкций и моделей XIX в., за исключением легких моделей Пено, — отсутствие поперечной устойчивости. Самолет не мог удерживаться в горизонтальном полете и, если бы даже оторвался от земли, непременно должен был свалиться на крыло.

А. Ф. Можайский хорошо сознавал недостатки своего самолета и сразу же после первых испытаний решил увеличить мощность двигательной установки до 50 л. с., для чего заказал в Петербурге еще один двигатель [14, с. 129, 130]. Удельный вес двигательной установки составил бы при этом 6,3 кг/л. с., что было бы достаточно для уверенного отрыва от земли и полета. Препредеменная смерть изобретателя не позволила ему довести до конца начатое дело.

В годы создания первого самолета в технике машиностроения произошли важные события. В 1876 г. Н. Отто сконструировал первый четырехтактный двигатель внутреннего сгорания, а в конце 80-х годов началось их массовое промышленное производство. Однако эти двигатели были еще несовершенны, тяжелы, и следующие после А. Ф. Можайского конструкторы самолетов продолжали применять испытанные и надежные паровые машины.

В 1890 г. построил и испытывал свой первый самолет французский инженер К. Адер. После пробыга по специальной дорожке самолет под названием «Фол» с внешними формами летучей мыши (идея Леонардо да Винчи) и с двигателем мощностью 20 л. с. совершил полет на расстояние около 50 м [17]. По появившимся в 1906 г. сведениям [7, с. 243], Адер в 1897 г. пытался взлететь на новом самолете «Авион-3» примерно той же конфигурации, но с двумя паровыми машинами мощностью по 20 л. с. и двумя тянущими винтами. Самолет весом около 400 кг оторвался от земли, протелек практически неуправляемым (мотор был сразу же выключен) около 300 м и упал.

Мощность мотора у самолета Адера была уже вполне достаточной для небольшого полета, но с точки зрения аэродинамики (поперечная устойчивость и управление в полете) самолет был по-прежнему несовершенным. Между тем еще в 1884 г. француз Гушль опубликовал проект самолета с управляющими аэродинамическими поверхностями (элеронами), укрепленными на фюзеляже [5, с. 53, 61].

Этому предложению не придали значения и известный английский изобретатель Х. Максим, который осуществил очередную попытку построить самолет. Его машина имела гигантские размеры: взлетный вес около 3,6 т, общая площадь крыльев 400 м², двигательная установка — две паровые машины мощностью по 180 л. с., экипаж 3 человека. Максим впервые в реальной конструкции применил схему биплана. Для разбега была сооружена рельсовая дорожка длиной 550 м. Испытания, проведенные в июле 1894 г., окончились аварией [18, с. 29].

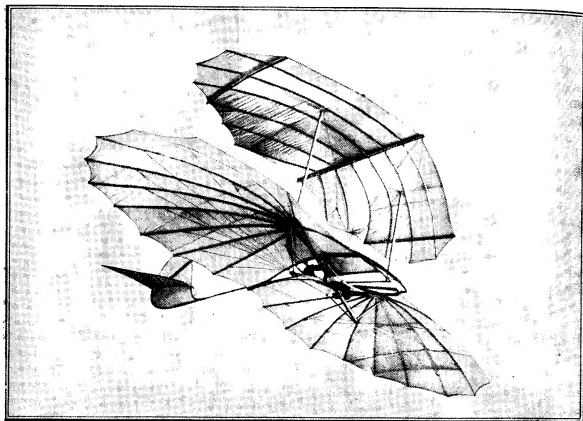
В самом конце столетия исследования и конструирование в области

авиационной техники начались в США. С 1887 г. один из известных американских ученых, физик С. Лэнгли, начал повторять расчеты и эксперименты Кейли [2, с. 185]. Лэнгли опубликовал результаты своих исследований в 1891 г. в книге «Испытания по аэродинамике», а затем приступил к постройке довольно крупных летающих моделей. С самого начала большое внимание ученых уделял вопросам устойчивости и управляемости. Модели Лэнгли имели tandemную схему крыла, приводились в движение паровыми моторчиками мощностью около 1 л. с. (при весе моделей 10—14 кг) и запускались с помощью катапульты, установленной на плавучей платформе. Устойчивость моделей обеспечивалась V-образной установкой крыла. Особенно удачно летали модели № 5 и № 6 (1896 г.), преодолевая дистанцию более 1 км. После этого, получив большую субсидию от Смитсоновского института, Лэнгли начал строить самолет, причем впервые решил установить на нем двигатель внутреннего сгорания собственной конструкции (5-цилиндровый звездобразный). Летом 1903 г. он дважды испытывал самолет «Аэродром А» (взлетный вес 330 кг, мощность мотора 52 л. с. при удельном весе 2,5 кг/л. с., площадь крыла-tandem 97 м²) с пилотом на борту, стартовавший с плавучей платформы. Однако оба раза из-за отказа катапульты самолет не развивал начальной скорости и падал в воду. Интересно, что в 1913 г. на этом самолете был все-таки совершен успешный полет [5, с. 64, 66].

Известно еще несколько попыток осуществить первый моторный полет: австрийца В. Кресса (1901 г.), француза Ф. Фарбера (1902 г.), немца К. Ято (1903 г.), француза Л. Леваассера (1903 г.). Все попытки были неудачными. Но некоторые авторы считают, например, что самолет Ято — полуторпала с 9-сильным двигателем — первым совершил успешный полет в августе 1903 г. [8, с. 45]. В действительности неуправляемый самолет лишь оторвался от земли и «прыгнул» на 18 м [2, с. 218—221]. Конструкции этих самолетов, подобно большинству предыдущих, были принципиально неработоспособными, что не позволяет назвать их первыми практическими самолетами.

Итак, на рубеже XIX и XX вв. появилась возможность применить в авиации бензиновый мотор с удельным весом 3—5 кг/л. с. Но задача обеспечения стабильного горизонтального полета решена еще не была. Длительный этап испытаний моделей и полноразмерных конструкций, к сожалению, почти не продвинул вперед решение этой краеугольной проблемы полета.

Первым, кто понял, что, прежде чем браться за строительство самолета с мотором, необходимо понять природу полета с неподвижными крылом, т. е. «научиться летать», был немецкий исследователь О. Лилиенталь. Начав свои исследования с 1871 г., он как бы вновь пришел к исходной точке предистории авиации, поставив перед собой вопрос: как летают птицы? При этом, в отличие от своих предшественников, Лилиенталь уделял максимальное внимание не машущему полету, а парению птиц и в конечном счете пришел к выводу о возможности человека совершать управляемые парящие полеты без мотора. Закончив в 1889 г. свои теоретические исследования, Лилиенталь приступил к практическому изготовлению и испытанию планов различного типа: сначала монопланов с поверхностью крыльев до 10—15 м², потом бипланов — до 25 м² [5, с. 72—75]. За 5 лет, с 1891 до 1896 г. он осуществил более 2500 полетов, добившись



Один из планеров О. Лилиенталя (1893 г.)

хорошей устойчивости и неплохой управляемости главным образом в результате балансирования собственным телом. Создал особую технику пилотирования планера, Лилиенталь летал десятки секунд, покрывая дистанцию в сотни метров и поднимаясь до высоты 50 м. Во время полетов смелый испытатель экспериментально изучал аэродинамические характеристики несущих поверхностей [19]. Он предполагал установить на планере бензиновый мотор, причем сначала для привода машущих открылков [17, с. 279], но замысел свой осуществить не успел. В очередном полете (1896 г.) он потерпел катастрофу.

Опыты Лилиенталя привлекли к себе широкое внимание и имели многих последователей. В те же 90-е годы строили и испытывали управляемые планеры Л. Харгрев в Австралии (змееобразные коробчатые конструкции), О. Шанют в США (бипланные и многоарусные схемы), П. Пильчер в Англии (монопланы лилиентальевского типа) и др. [2, с. 272—275]. Шанют, в частности, установил на своем планере рули и ввел механизм изменения угла установки крыльев («гоширование»), что не только резко повысило устойчивость в полете, но и существенно упростило управление планером. Пильчер впервые оборудовал свой планер колесным шасси, а в 1899 г. намеревался установить и мотор [5, с. 83, 88].

Так сложились предпосылки для создания первых практических самолетов, для зарождения собственно авиационной техники.

3. СОЗДАНИЕ ПЕРВЫХ САМОЛЕТОВ

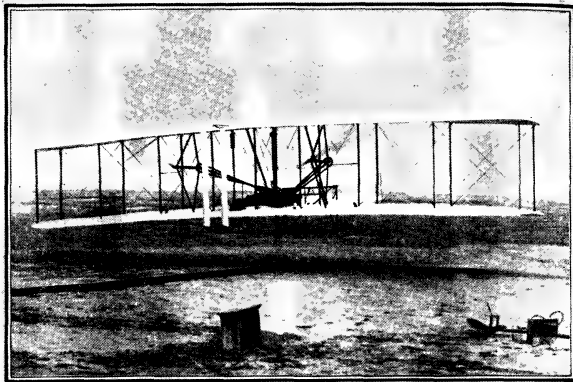
К началу XX в. капитализм уже окончательно вступил в стадию империализма. Конкуренция между крупными промышленными объединениями и колониальные устремления многих государств создали объективные предпосылки для разработки принципиально новых средств транспорта, которые смогли бы успешно конкурировать с железнодорожными и морскими путями сообщения.

Развитие авиации вступало в свой качественно новый этап. Для этого складывались благоприятные условия. Возникла возможность создания легких бензиновых двигателей, были получены важные экспериментальные данные в области решения задачи устойчивого и управляемого планирующего полета и, наконец, достигнут высокий уровень авиационного конструкторского мышления. Все это привело к созданию первых практических летательных аппаратов тяжелее воздуха.

В декабре 1903 г. совершил первый полет самолет, построенный американцами братьями Райт — Вилбуром и Орвиллом. Их успеху способствовало, по-видимому, то, что в США к этому времени сложились хорошо развитая экспериментально-теоретическая школа Лэнгли — Шанюта. Именно с изучения их достижений (а также результатов Лилиенталя) самолучки братья Райт начали свою деятельность в авиации. Конструкторская деятельность братьев началась в 1899 г. с постройки планера по схеме Шанюта — биплана с добавлением спереди руля высоты. Поперечное управление осуществлялось перекашиванием крыльев — отклонением задних правого и левого полукрыльев в разные стороны. Позже был добавлен также руль поворота. Пилот впервые располагался в планере лежа на животе (Лилиенталь применял вертикальное положение), что значительно уменьшало сопротивление воздуха. После многократных взлетов (всего около 1000), тщательных наземных экспериментальных исследований, в том числе с помощью аэродинамической трубы, а также консультаций с Шанютом к осени 1902 г. Райтам удалось добиться весьма устойчивого и надежного полета даже в сильный ветер. Решив установить на планер бензиновый мотор и не найдя подходящего автомобильного, братья сами рассчитали, сконструировали и построили двигатель мощностью 12 л. с., а также воздушные винты: их было установлено два позади крыла [5, с. 95, 99].

17 декабря 1903 г. Орвилл Райт впервые взлетел в воздух на самолете — биплане, названном «Флайер», с площадью крыла 46 м² и размахом крыльев 12 м. Всего в этот день было совершено четыре моторных полета продолжительностью от 12 до 59 с. В 1904 г. Райты построили второй самолет той же схемы с 16-сильным мотором и совершили полеты по замкнутому кругу продолжительностью до 5 мин. Для пилота впервые установили сиденье. Особые успехи были достигнуты в 1905 г. самолетом «Флайер-3», длительность полета которого возросла до 38 мин при скорости более 60 км/ч [20, с. 115].

Несмотря на выдающиеся достижения, Райтам не удалось заинтересовать своим изобретением правительство США и выгодно продать патент. Длительное время переговоры о продаже патента велись также в Англии и Франции. В связи с этим братья Райт более чем на 2,5 года прекратили полеты и возобновили их только в 1908 г. одновременно в США и во Франции [7, с. 354].



Самолет братьев Райт, поднимающийся в воздух 17 декабря 1903 г.

В начале XX в. первые самолеты появились и в Европе. Ранее говорились о попытках взлететь в Австрии и Германии. Но наиболее широко работы развернулись во Франции — признанном к этому времени лидере в области авиации и воздухоплавания. После проникновения во Францию сведений о работах Шанюта и Райтов начали полеты на планерах в июле 1902 г. Ф. Фарбер, в 1904 г. — Э. Аршадак и впервые применивший для управления элероны Р. Эсно-Пельтри (впоследствии один из выдающихся пионеров теоретической космонавтики), в 1905 г. — Г. Вуазен [5, с. 107, 108]. Все они испытывали планеры-бипланы схемы братьев Райт и отчасти аппараты коробчатого типа (схема Хартрева).

Первым в Европе совершил полет на самолете собственной конструкции знаменитый воздухоплаватель А. Сантос-Дюмон, 23 октября 1906 г. он в присутствии официальных лиц покрыл расстояние 60 м на самолете коробчатой конструкции схемы «утка» — с вынесенным вперед хвостовым оперением и двигателем мощностью 50 л. с. В ноябре Сантос-Дюмон за 21 с. пролетел дистанцию 220 м [5, с. 120].

Следует отметить, что во Франции с первых же лет развитие авиационной техники приобрело спортивный характер — устанавливали разнообразные призы и регистрировали рекорды. Это в немалой степени способствовало на том этапе быстрому прогрессу авиационных средств и привлечению к их созданию многих энтузиастов. Тем не менее долгое время европейские авиаторы даже не приближались к достижениям братьев Райт, хотя число построенных самолетов и попыток полета на них быстро росло.

Государственные ведомства и крупные промышленные фирмы еще долгое время стояли в стороне от этого процесса.

В 1906 г. было построено 5 самолетов, которые совершили 17 попыток полетов, в 1907 г. — соответственно 13 и 75, в 1908 г. — несколько десятков образцов и несколько сотен попыток. В ноябре 1907 г. А. Фарман на биплане «Вуазен—Фарман» впервые в Европе пролетел более 1 км, находясь в воздухе 1 мин 14 с. В апреле 1908 г. Ж. Делагранж на биплане «Вуазен — Делагранж» летал 6,5 мин и покрыл расстояние около 4 км, а в июне того же года — 18,5 мин (14,5 км). В то же время В. Райт осенью 1908 г. во Франции летал на своем самолете более 1,5 ч, а в декабре 2 ч 20 мин [5].

Несмотря на успехи братьев Райт и популярность предложенной ими конструкции, уже в первые годы развития самолетов появляется много других решений. Так, в 1907—1908 гг. применяли следующие основные компоновочные схемы: биплан с толкающими винтами и передним расположением рулей высоты (самолеты Райтов, Вуазена, Фармана и др.); моноплан с тянущим винтом (самолеты Вуйя, Блерио, Эсно-Пельтри, авиетка Сантос-Дюмона и др.). Схема моноплан-тандем (Лэнгли) не привилась, хотя попытки применить ее были (самолет «Блерио-6»). Пробовали также создать более сложные несущие системы — триплан, полиплан и т. п., но успеха они не имели. В то же время уже в 1907 г. были испытаны первые пилотируемые вертолеты (Бреге, Корню) [2, с. 301].

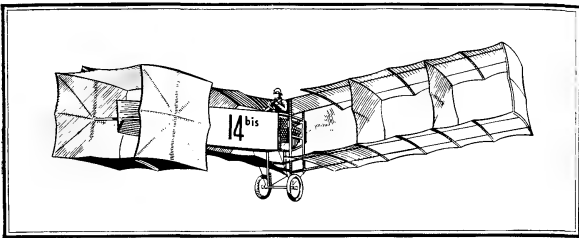
Бипланы строили открытой схемы и коробчатые. Монопланы были в основном расчалочного типа, хотя уже в 1907 г. Блерио и Эсно-Пельтри испытывали аппараты консольной схемы [5, с. 122]. Рули высоты и поворота выносили в основном на открытой рамной конструкции и лишь в редких случаях — на фюзеляжных. Для достижения поперечной устойчивости самолетов применяли в основном перекашивание крыла, а также подвижные открылки и элероны (впервые на самолете Блерио в 1908 г. [2, с. 308]). Если братья Райт использовали на своих самолетах ползковые шасси и катапультный старт, то в Европе сразу же распространились более эффективное колесное шасси и моторный разгон.

В 1908 г. развилось также специальное авиационное двигателестроение. Особенно распространенной была конструкция Левассера «Антуанетт» с водяным охлаждением, мощностью до 50 л. с. при удельном весе 2 кг/л. с. Братья Райт в это время применяли более тяжелый двигатель (3,6 кг/л. с. при мощности 24 л. с.) [16, с. 20].

В 1906—1908 гг. самолеты еще не имели никакого практического применения, полеты совершали лишь для демонстрации их осуществимости и качественного уровня. К этому времени относятся первые полеты с пассажирами. Большинство полетов проходило на высоте нескольких метров, но в конце 1908 г. Фарман поднялся на высоту 25 м, а затем братья Райт достигли высоты более 100 м. Скорость полета в эти годы еще не измеряли, но по подсчетам она была около 60 км/ч [5, с. 137, 245].

После братьев Райт и французских авиаторов первые полеты осуществили авиаторы в Дании (1907 г.), в Англии и Германии (1908 г.), в России и некоторых других странах (1909 г.).

Интересно отметить, что еще в 1908 г. были совершены первые попытки дальних, межгородских перелетов протяженностью до 30 км, но начало практической авиации обычно связывают с перелетом Блерио на моно-



Первый в Европе самолет конструкции А. Сантоса-Дюжона (1906 г.)

плане «Блерио-XI» через пролив Ла-Манш 25 июля 1909 г. [7, с. 375], а также с первым международным авиационным конгрессом в Реймсе в августе 1909 г.

В том же 1909 г. были достигнуты существенные результаты в стабилизации самолета и управлении им по всем трем осям, в результате самолеты стали обладать маневренностью, достаточной для совершения разворотов и описания плоских фигур в полете. В связи с этим возникло понятие техники пилотирования, и среди большой массы пилотов некоторые стали выделяться своим мастерством (например, Х. Латам, Г. Леганье, позже А. Перу, П. Н. Нестеров).

В 1909—1910 гг., несмотря на успех моноплана Блерио, большинство конструкторов отдавали предпочтение схеме биплана вследствие его лучшей устойчивости и маневренности, а также большей длительности полетов, что и демонстрировалось братьями Райт. В этот период схема Райтов—Фармана (открытый многостоечный биплан с вынесенным далеко вперед рулем высоты и задним расположением стабилизатора с рулем поворота) становится классической. Кресло пилота и двигатель с задним толкающим винтом в целях безопасности располагали между крыльями, колесное шасси имело противоканютажный полоз. Подобную схему применяли также Вуазен, Кертие в США и др. [8, с. 54]. Биплан с тянущим винтом был распространен меньше, удачные конструкции создали А. Гули в Италии, Л. Бреге во Франции, Я. М. Таккель в России, самолет которого, построенный в 1910 г., одним из первых среди бипланов имел закрытый фюзеляж.

Основным материалом при постройке самолетов с самого начала служило дерево, крыло обшивали полотном. Фанерную обшивку впервые в мире применил в 1911 г. русский конструктор И. И. Стеглау [21, с. 79]. В 1909 г. стали использовать металл, главным образом для каркасов фюзеляжа.

В этот период основным тормозом в развитии авиационной техники было низкое качество (особенно маломощность и недостаточная надежность)

моторов. Обычные двигатели водяного охлаждения оказались слишком тяжелыми. В то же время скорость полета самолетов оставалась еще малой для эффективного воздушного охлаждения безжидкостных моторов. В 1909 г. в двигателестроении появилось принципиальное новшество — звездообразный мотор воздушного охлаждения ротативного типа. Двигатель «Гном» (Франция) имел мощность 80 л. с. (в дальнейшем — до 150 л. с.) при очень небольшом удельном весе 1,5 кг/л. с. Двигатель обладал сравнительно высокой надежностью и безотказностью, но был неэкономичным — расходовал много горючего и масла [16, с. 24].

4. НАЧАЛО МАССОВОГО САМОЛЕТОСТРОЕНИЯ

К концу первого десятилетия XX в. авиация уверенно доказала свое право на жизнь. В 1909 г. в ряде стран стали создавать первые самолетостроительные заводы, что положило начало развитию новой отрасли производства — авиационной промышленности. Совершенствовались самолеты, особое внимание обращалось на улучшение их летных характеристик — уже не только продолжительности полета (1909 г. — 4,3 ч, 1912 г. — 13,3 ч), но и скорости (1909 г. — 80 км/ч, 1912 г. — 170 км/ч), дальности (1909 г. — 233 км, 1911 г. — около 1800 км), грузоподъемности (1912 г. — до 400 кг) [5, с. 245, 246], маневренности и надежности. Повышение скорости было связано в основном с ростом мощности моторов (до 130—150 л. с.) и в меньшей степени — с улучшением аэродинамики самолета, хотя уже в этот период началось совершенствование профилей и формы крыла, применение закрытого фюзеляжа, кабины для летчика и кожуха для двигателя.

Улучшение конструкции самолета и применение более прочных материалов позволили поднять удельную нагрузку на крыло с 10—12 до 30 кг/м² [21, с. 257], что дало возможность, в свою очередь, увеличить скорость и грузоподъемность самолета при том же весе конструкции. Повышение дальности достигалось снижением удельного веса двигателей (появились более экономичные и легкие моторы с водяным охлаждением) и увеличением запаса горючего на борту. В 1911 г. было положено начало дальним международным перелетам, в 1913 г. — межконтинентальным (из Европы в Азию и Африку) [5, с. 159, 166]. На самолеты стали устанавливать различное оборудование — простейшие пилотажные приборы, средства связи и т. д.

Взлетный вес самолетов в эти годы был равен в среднем 500—800 кг (максимальный — до 1200 кг), доля веса планера составляла 42—45%, двигательной установки 22—24%, экипажа, нагрузки и горючего 31—36% [16, с. 22, 23]. Такое распределение веса было вызвано желанием улучшить летные характеристики самолета даже за счет снижения грузоподъемности. Поэтому для ее повышения существовал только один путь — увеличение абсолютного веса самолета.

В 1910—1911 гг. начали строить и применять морские самолеты, способные взлетать и садиться на воду [5, с. 246]. Одной из причин их появления было увеличение необходимых скоростей взлета и посадки в результате роста нагрузки на крыло. Эту задачу решали, либо устанавливая на самолет обычной конструкции поплавки вместо колесного шасси, либо

превращая планер в летающую лодку, т. е. специальным конструированием. В этом направлении больших успехов добились русские инженеры, и в первую очередь Д. П. Григорович.

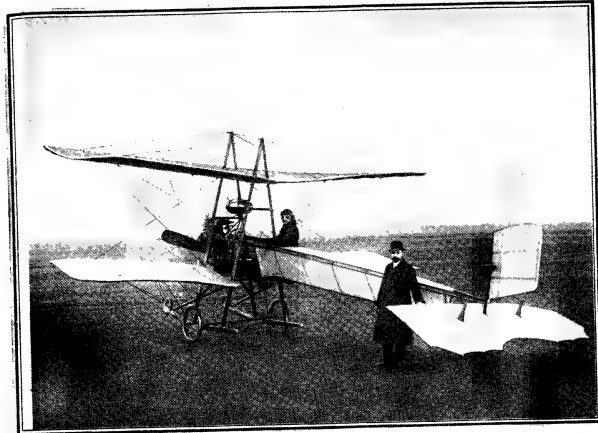
Общее повышение работоспособности и надежности самолета привело к окончательному формированию его как нового технического и транспортного средства. Постепенно дифференцировались задачи автотранспорта. Сначала он выполнял транспортные и почтовые функции. Затем возник интерес со стороны военных ведомств. Использование самолета для разведки продемонстрировало его большие преимущества. Впервые военное применение самолет нашел в октябре 1911 г. в итало-турецкой войне [16, с. 28], где выяснилось, что, кроме разведки, самолеты могут эффективно применяться для связи, корректировки артиллерийского огня и бомбардировки. Правда, первые самолеты было сложно использовать для бомбардировок, поскольку точность поражения цели с больших высот оказалась очень невысокой, а на малых высотах (до 500 м) самолет был сам легко уязвим для обычного стрелкового оружия. Тем не менее уже в то время многие военные и политические деятели, особенно в Германии, США и Англии, признали за самолетом большое будущее. В 1911 г. началось серийное производство самолетов на правительственные ассигнования. В 1912 г. в Англии были сформированы первые авиационные части [5, с. 145, 162, 163].

Наибольший интерес с военной точки зрения представляла все та же широко распространенная схема биплана, оптимальная при выполнении военных и учебных полетов. Одной из лучших конструкций в предвоенный период был английский разведчик-биплан БЕ-2 (1912 г.) — первый крупносерийный самолет, прототип многих последующих конструкций. Однако уже в том же году во Франции появился первый моноплан с хорошо обтекаемым фюзеляжем типа монокок «Депердюссен», на котором был установлен мировой рекорд скорости 174 км/ч [5, с. 164, 165]. Правда, распространение такая схема получила лишь после войны.

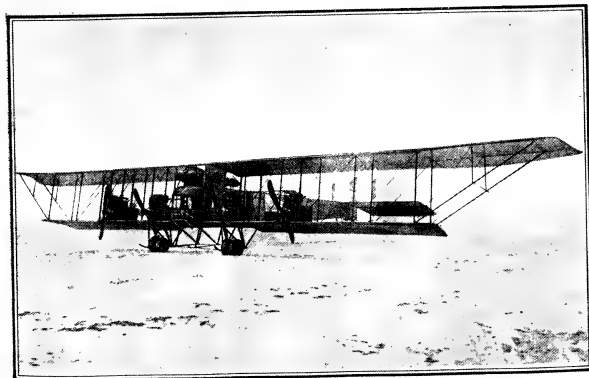
В 1912—1913 гг. конструкторы продолжали совершенствовать конструктивные и летные характеристики самолетов, а также повышать эффективность использования их в военных целях. Пристальное внимание (особенно во Франции и Англии) было обращено на монопланы и летающие лодки (в США). Появились полузакрытые и закрытые кабины для пилота. К этому времени в конструкции фюзеляжа и крыла стали широко применять металлы. Была даже попытка создать цельнометаллический самолет [5, с. 164].

Широкое авиационное строительство развернулось в России. И если в первое время в конструкциях самолетов чувствовалось влияние Райтов, Вуазена, Фармана, то в этот период появилось несколько сильных самолетостроительных групп с оригинальными идеями и решениями. Кроме упомянутых Гаккеля, Стетлау и Григоровича, выделялись группы И. И. Сикорского, В. А. Слесарева, В. А. Лебедева и др. [21, с. 162].

Особенно успешно — сначала в Киеве, потом в Петербурге на Русско-Балтийском вагонном заводе — работал Сикорский. Уже в 1911 г. на его биплане С-6 (с экипажем 3 человека) был установлен первый русский мировой рекорд скорости 111 км/ч. Им же в 1913 г. создан первый в мире многотопотный самолет «Русский витязь» («Гранд»), положивший начало тяжелой авиации. Этот самолет (полетный вес 4,2 т, длина 30 м, размах кры-



Один из самолетов конструкции Д. М. Гаккеля (1910 г.)



Самолет-гигант «Илья Муромец» (1913 г.)

ла 27 м, 4 двигателя по 100 л. с.) стал, по мнению английского историка Ч. Гиббс-Смита, «замечательным воздушным феноменом, не имеющим соперников и precedентов». В августе 1913 г. на самолете, имевшем большую закрытую кабину (с 8 человеками на борту), был установлен мировой рекорд продолжительности полета 1 ч 54 мин [5, с. 119; 21, с. 66, 87, 88].

В этом же году Сикорский построил новую, еще более крупную машину «Илья Муромец» с четырьмя моторами по 100 л. с. (каждый с двумя — тянущим и толкающим — винтами), с взлетным весом 5 т. В феврале 1914 г. на этой машине был установлен мировой рекорд дальности с 16 пассажирами (вес нагрузки 1,3 т) на трассе Петербург—Киев—Петербург с посадками. Всего было построено 35 «Муромцев» различных модификаций (вес — до 7,5 т, общая мощность двигателей — до 880 л. с., нагрузка — до 2,5 т) [21, с. 108]. С созданием этого самолета связан существенный прогресс расчета элементов авиационной конструкции на прочность, в результате применения которого конструкция «Муромца» была существенно доработана. И хотя по сравнению с общим уровнем авиационной техники «Муромец» был выдающимся достижением, выявилось, что в военных условиях «Муромцы» ограничено использовали в качестве дальних разведчиков, бомбардировщиков и военных транспортов) такой большой самолет недостаточно эффективен и уязвим.

Более широкое распространение к началу войны получили легкие самолеты («Фарман», «Вуазен», «Ньюпорт», «Сопвич» и др.), которые имели взлетный вес от 600 до 1200 кг при весе нагрузки до 350 кг, скорости до 110 км/ч, дальности до 500 км [5, с. 173]. Слабым местом легких самолетов оставалась их невысокая надежность (особенно часто отказывали двигатели), а также практическая невозможность пилотирования в сложных метеоусловиях.

Предвоенный период характеризуется также принципиальными достижениями в области устойчивости и управляемости. Это позволило перейти от горизонтальных равномерных полетов к различного рода эволюциям в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Сначала во Франции в 1913 г. летчик А. Перу начал совершать перевернутые полеты (он же первым прыгнул из самолета с парашютом), а затем в России в сентябре того же года военный летчик П. Н. Нестеров впервые в истории совершил уникальную для того времени эволюцию — «мертвую петлю». Таким образом было положено начало высшему пилотажу [7, с. 416—420].

Начиная с 1912—1913 гг. Германия, США, Англия, Франция и Россия развернули массовое производство новой авиационной военной техники [22, с. 47].

Еще в середине 1910-х годов появились самолеты-истребители с повышенной скоростью и маневренностью, достигавшими за счет снижения дальности и грузоподъемности. Истребители по сравнению с прочими типами самолетов имели меньший удельный вес и больший относительный вес двигателя, а также более высокую нагрузку на крыло (до 35—40 кг/м²) [16, с. 37]. Первыми такими самолетами были созданные в 1915 г. германские монопланы «Фоккер Е-1» и «Альбатрос», французский «Моран-Солье» и др. [5, с. 32]. Это, в свою очередь, вновь привело к повышению взлетно-посадочных скоростей и стимулировало развитие морской авиации (к лучшим самолетам этого типа относились русские летающие лодки М-9 и М-11 Григоровича) [21, с. 224, 227].

В эти же годы возникла бомбардировочная авиация, потребовавшая создания самолетов повышенной грузоподъемности и дальности полета, достигавших в ущерб скорости и маневренности. Эта задача, однако, в полной мере разрешена не была. Возникла также необходимость в создании разнообразных приборов и оборудования — прицельного, радиотехнического, навигационного и др.

Таким образом, на этом этапе произошла дифференциация самолетов по назначению, т. е. возникло резкое различие в характеристиках и конструктивном решении самолетов различного типа. Так, германский бомбардировщик «Фридрихсгафен» при весе 5 т имел относительный вес нагрузки 30%, двигательной установки 22% при скорости полета 140 км/ч; разведчик «ДХ-9» (Англия) при весе 1,5 т — соответственно 16 и 33%, 180 км/ч; истребитель «Фоккер Д-7» (Германия) 0,9 т, 46 и 22%, 200 км/ч [16, с. 37].

Замечных успехов в самолетостроении в этот период добилась Германия (до 1912 г. в ней преобладали интерес к строительству дирижаблей), которой сначала удалось создать несколько надежных и экономичных моторов, затем добиться успеха в производстве эффективных разведчиков-бипланов и истребителей-монопланов. Высока была и подготовка авиационных кадров. Значительный прогресс в это время был достигнут также в США. На 10—15 последующих лет эти державы стали лидерами мирового самолетостроения.

Большую часть машин составляли расчалочные бипланы и монопланы, но появились также первые свободонесущие конструкции обеих схем — соответственно «Фоккер Д-7» и «Юнкерс Ю-1», который был первым цельнометаллическим (сталь и алюминий) самолетом [5, с. 178].

5. СОСТОЯНИЕ ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ

В конце XIX и в начале XX в. продолжала развиваться техника воздухоплавания. В аэростатах обычного типа возможности совершенствования управления были почти исчерпаны (в 80-е годы, помимо двигателей, применяли паруса, гайдропы и др.). Несмотря на новые рекорды (например, в 1887 г. дальности — 1925 км, и в 1894 г. высоты — 10,8 км), интерес к свободным аэростатам стал падать. По к управляемым аэростатам — дирижаблям в середине 80-х годов интерес резко возрос. Это можно объяснить, во-первых, многими неудачами создателей аппаратов тяжелее воздуха и, во-вторых, появлением первых бензиновых двигателей [23, с. 77].

Аэростаты продолжали привлекать внимание ученых. В научное использование их важный вклад внес Д. И. Менделеев, который в 1887 г. совершил индивидуальный полет с целью наблюдения солнечного затмения. Он же предложил использовать на аэростатах герметичные кабины с запасом кислорода. Эту идею реализовал в 1885 г. А. Пиккар. В 1884 г. во Франции был совершен первый управляемый полет дирижабля, использующего для движения воздушный винт, приводимый в движение электромотором [2, с. 112, 119]. В 1884—1885 гг. в Германии, Италии, России и некоторых других странах создавались первые военные воздухоплавательные парки [7, с. 234], благодаря чему дело было поставлено на государственную основу.

С 1897 г. в воздухоплавании начали использоваться двигатели внутреннего сгорания (Г. Вельферт, Германия) [2, с. 120]. В 1896 г. аэростат с бензиновым мотором мощностью 8 л. с. того же конструктора потерпел катастрофу в результате воспламенения оболочки от искры двигателя [7, с. 237]. Пожароопасность, общая ненадежность, а также противоречие между малой жесткостью корпуса аэростата (неудобной для крепления gondoly и двигателя) и значительным изменением его объема по высоте полета выдвинули задачу создания аэростата с жестким корпусом.

Пионерами в этом направлении были русские изобретатели. С 1885 г. разрабатывал конструкцию цельнометаллического дирижабля К. Э. Циолковский. В 1892 г. он опубликовал капитальный труд «Аэростат металлический управляемый» [24], начал экспериментальные исследования и опытную работу, но довести ее из-за технических трудностей при полном отсутствии средств ему не удалось. В 1897 г. первый металлический (из алюминия) аэростат с мотором в 12 л. с. был построен в Германии Д. Шварцем, но практически он не летал [2, с. 124]. Стало очевидно, что при существующей технологии цельнометаллический дирижабль еще не может конкурировать с мягкими и полужесткими конструкциями. В самом конце 90-х годов успехов в создании небольших дирижаблей мягкой конструкции добился во Франции А. Сантос-Дюмон, которому в ноябре 1899 г. удалось облететь Эйфелеву башню в Париже и вернуться в точку старта, развив среднюю скорость 25 км/ч. В 1901 г. Сантос-Дюмон повторил такой полет официально [8, с. 53].

В первое десятилетие XX в. началось активное строительство крупных дирижаблей полужесткой конструкции (Гус и Лебоди, Франция, 1902—1906 гг.). На них устанавливали моторы мощностью в несколько десятков лошадиных сил [2, с. 156], были усовершенствованы аэродинамика (изменена форма и установлены стабилизаторы) и конструкция. В результате развилась новая отрасль техники — дирижаблестроение.

Наибольших успехов в этой области добился германский предприниматель Ф. Цеппелин. Он построил несколько гигантских дирижаблей сигарообразной формы объемом более 10 тыс. м³, имевших жесткий алюминиевый каркас, мягкую оболочку, более десятка баллонов, оперение и рули высоты. При использовании нескольких двигателей общей мощностью около 100 л. с. дирижабли развивали скорость до 50 км/ч и были хорошо управляемы. В июле 1908 г. продолжительность полета (с экипажем более 10 человек) достигла 12 ч [23, с. 113]. В строительстве мягких дирижаблей больших успехов добился другой немецкий конструктор А. Парсваль. Следует отметить, что в технике строительства дирижаблей в первые два десятилетия XX в. были реализованы многие идеи, предложенные еще Циолковским [25, с. 34].

В 1908 г. начались попытки достижения на дирижаблях Северного полюса (первая такая попытка на свободном аэростате была предпринята группой С. Андре в 1897 г., но закончилась трагически [7, с. 306—307]), однако они не были удачными. К началу первой мировой войны дирижабли приобрели некоторое военное, главным образом транспортное, значение. Дирижабли создавали в Германии, Англии, Италии, России, США.

В 1916 г. Цеппелин сконструировал один из самых крупных дирижаблей в истории, имевший объем 55,2 тыс. м³ (длина 200 м, диаметр 24 м), с 6 двигателями общей мощностью 240 л. с. Дирижабль развивал скорость

более 100 км/ч, имел дальность до 7400 км и высоту полета более 4 км [5, с. 176].

Однако в этот период всеобщее внимание было привлечено к развитию авиации. Кроме того, практика эксплуатации крупных дирижаблей показала непреодолимость трудностей, связанных с их наземным базированием, уязвимость в военном отношении и другие недостатки.

6. СОЗДАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Развитие авиационной техники неразрывно связано с разработкой теоретических основ полета аппаратов тяжелее воздуха, и здесь важнейшая роль принадлежит аэродинамике.

Аэродинамика — наука о движении воздуха и его воздействии на объектах его тела — начала зарождаться в связи с первыми попытками создания летательных аппаратов. Она возникла и формировалась на основе использования теоретических положений классической гидродинамики, а также результатов аэродинамических экспериментов.

В постановке и решении ряда задач аэродинамики, в частности для схематизации движения воздуха и его действия на тела, немаловажную роль сыграли различные гидродинамические модели [26]. При этом большую роль сыграли ударная теория сопротивления И. Ньютона (1686 г.), теория идеальной несжимаемой жидкости, разработанная Д. Бернулли (1738 г.) и Л. Эйлером (1769 г.), теория вязкой несжимаемой жидкости, созданная А. Навье (1822 г.) и Дж. Г. Стоксом (1845 г.), теория струйного обтекания тел, развитая Г. Гельмгольцем (1868 г.), Г. Кирхгофом (1869 г.), а в дальнейшем Рэлеем (1876 г.), Д. К. Бобылевым (1881 г.), Н. Е. Жуковским (1890 г.), Дж. Мичеллом (1890 г.), А. Лявом (1891 г.). Особое значение для становления аэродинамики имели работы Г. Гельмгольца, заложившего основы теории вихревого движения жидкости (1858 г.). В начале XIX в. появились понятия подъемной силы (Дж. Кейли) и центра давления. Дж. Кейли впервые попытался сформулировать основную задачу расчета полета аппарата тяжелее воздуха как определение размеров несущей поверхности для заданной подъемной силы [27, с. 8]. В его статье «О воздушном плавании» (1809 г.) предложена схема работы плоского крыла в потоке воздуха, установлена связь между углом атаки, подъемной силой и сопротивлением, отмечена роль профиля крыла и хвостового оперения в обеспечении продольной устойчивости летательного аппарата и т. п. [28]. Кейли также занимался экспериментами на ротативной машине. Однако его исследования не были замечены современниками и не получили практического использования.

С начала 70-х годов XIX в. в связи с первыми попытками постройки различных летательных аппаратов тяжелее воздуха были предприняты работы по изучению аэродинамических сил, действующих на элементы конструкции. Возникла проблема определения величин подъемной силы крыла в зависимости от различных углов атаки. Ее решали, главным образом проводя эксперименты с пластинками различной формы. Подобные работы были выполнены в ряде стран: в России М. А. Рыкачевым [29], С. К. Джевецким [30, 31], Д. И. Менделеевым [32], во Франции —

А. Пено [33, 34], в Англии — Ф. Уэнхемом, в Германии — О. Лилиенталем [19].

М. А. Рыкачев одним из первых (1870—1871 гг.) опытным путем изучал подъемную силу пластинок, предвосхитив на несколько десятков лет некоторые результаты Г. Эйфеля, полученные им в 1910 г. В частности, в 1871 г. он определил зависимость от угла атаки отношения подъемной силы к силе сопротивления плоского крыла — пластинки, т. е. исследовал так называемое «аэродинамическое качество» крыла. Пено ввел в практику исследования понятия коэффициентов подъемной силы и сопротивления (1873 г.). Годом ранее он же пришел к выводу, что для устойчивости полета аэроплан должен иметь хвостовое оперение.

Лилиенталь определил составляющие полной аэродинамической силы и установил вид зависимости подъемной силы от угла атаки, предложив способ представления опытных данных в виде поляра (поляра Лилиентали). В результате многолетнего изучения явления парения птиц он впервые поставил опыты с вогнутыми пластинками и доказал их аэродинамическое преимущество перед плоскими. Все эти результаты были изложены им в работе «Полет птиц как основа искусства летать» (1889 г.) [19]. Дженецкий в 1885—1891 гг. опубликовал ряд работ, посвященных исследованию полета птиц («О сопротивлении воздуха в применении к полету птиц и аэропланов», 1885 г.; «Аэропланы в природе. Опыт новой теории полета», 1887 г.; «Теоретическое решение вопроса о парении птиц», 1891 г.). Однако наибольшее значение для развития авиации имела разработанная им в 1892 г. теория элемента лопасти винта [30], уточненная автором в 1910 г. [31].

Существенный вклад в развитие авиационной науки и техники в России внесли труды Д. И. Менделеева. От изучения свойств паров и газов он перешел к проблемам воздухоплавания, а затем к задачам аэродинамики. В 1880 г. Менделеев опубликовал монографию «О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании» [32], где были проанализированы важнейшие работы по вопросам сопротивления движению тел в жидкостях и газах. Менделеев показал, что существующие гидродинамические теории и модели не адекватны аэродинамическим процессам и явлениям. Для построения научной базы конструирования летательных аппаратов необходимо было широкое экспериментирование. Эти выводы Менделеева имели большое значение для создания в России специальных аэродинамических лабораторий и строительства аэродинамических труб.

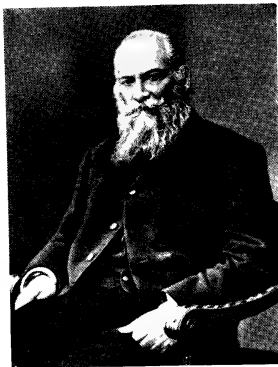
Работы по аэродинамическим трубам позволили получить на основании единой методики новые научные результаты по аэродинамике, в том числе аэродинамические характеристики крыла и винта. В последний трети XIX в. — начале XX в. аэродинамические трубы были созданы в России В. А. Памквичем, К. Э. Циолковским, Н. Е. Жуковским; на Запале — Ф. Уэнхемом, Г. Филиппсом, Л. Махром, Х. Максимом, братьями В. и О. Райт, Г. Эйфелем, Л. Прандтлем и др. В аэродинамических трубах, построенных в 90-х годах XIX в., были достигнуты скорости воздушного потока в диапазоне 4—18 м/с [27].

Многие вопросы аэродинамики были впервые поставлены и решены К. Э. Циолковским. Крупнейшей заслугой его перед авиацией является теоретическая разработка проекта цельнометаллического моноплана со свободнопонесущим толстым изогнутым крылом, описанного в статье «Аэро-

план, или птицеподобная (авиационная) летательная машина» (1894 г.) [35]. В этой работе Циолковский впервые изложил элементы аэродинамического расчета основных летных характеристик аэроплана. Он подчеркнул, что «давление на крылья встречного воздуха пропорционально синусу угла отклонения их от направления воздушного потока» [35, с. 45]. В рукописи «К вопросу о летании посредством крыльев» (1890 г.), изданной частично в 1891 г. под названием «Давление жидкости на равномерно движущуюся в ней плоскость» [36], Циолковский впервые в мире получил зависимость полной аэродинамической силы от «продолговатости» (по современной терминологии — удлинения) крыла, подтвержденную им экспериментально. Одним из первых еще в 1897—1898 гг., а затем в 1900—1901 гг. он провел комплекс экспериментальных исследований по продукве моделей элементов летательных аппаратов на изготовленной им «лопастной воздушной трубе» при скорости потока воздуха около 5 м/с. При этом определяли коэффициенты подъемной силы и сопротивления плоских пластинок различного удлинения и при различных углах атаки, сопротивление тел в виде призм, цилиндров с круглым и эллиптическим основанием, многогранников, шаров, продолговатых тел вращения; проводили опыты по определению поверхностного трения; сравнивали сопротивление тел приблизительно одной длины, но разной формы и продолговатости и т. д. Полученные данные были опубликованы в 1898 [37] и 1902 гг. [38], с сожалением, только частично.

К концу XIX в. в результате главным образом экспериментальных исследований пластинок различной формы было установлено влияние вогнутости и удлинения на увеличение подъемной силы, были получены первые данные о целесообразности использования разрезных крыльев. Предпринимались попытки теоретически решить задачу о подъемной силе крыла (Д. К. Чернов, 1883—1893 гг.; Ф. Ланчестер, 1891—1894 гг.). К 80—90 годам относятся разработки конструкций и летные испытания первых самолетов: в России (А. Ф. Можайский, 1882 г.), в Англии (Г. Филиппс, 1892 г.; Х. Максим, 1898 г.), во Франции (К. Адер, 1897 г.).

Крупнейший вклад в построение аэродинамики как науки внес Жуковский. Его первые работы, с которых ведет начало современная аэродинамика, относятся к 1890—1898 гг. («К теории летания», 1890 г.; «О парении птиц», 1891 г.; «О наимыгоднейшем угле наклона аэропланов»,



Николай Егорович Жуковский
(1847—1921 гг.)

1897 г.; «О крыльях пропеллеров», 1898 г. и др.). В этих работах Жуковский раскрывает и обсуждает целый комплекс вопросов, связанных с решением задачи полета на аппаратах тяжелее воздуха. Он впервые высказывает гипотезу о связи подъемной силы с некоторым вихревым движением, обусловленным вязкостью воздуха, ставит и решает плоскую задачу о возможности осуществления различных движений самолета в воздухе, в том числе «мертвой петли», исследует вопрос о положении центра давления аэродинамических сил и обращает внимание на важность изучения проблемы устойчивости самолета; рассматривает вопрос о тяге винта и дает метод вычисления наимыгоднейшего угла атаки крыла.

Н. Е. Жуковскому принадлежат и важнейшие достижения по экспериментальной аэродинамике. В 1890—1891 гг. он проводит эксперименты с пластинками, вращающимися в потоке воздуха, а также изучает закон изменения положения центра давления в зависимости от угла атаки. В 1902 г. под его руководством в Московском университете создается аэродинамическая лаборатория, в которой была построена одна из первых в мире аэродинамических труб, отличающаяся равномерным потоком, и разработан прибор для испытаний самолетных винтов. В 1904 г. по идее и при непосредственном участии Жуковского был организован первый в России и один из первых в Европе Аэродинамический институт (пос. Кузино под Москвой), оборудованный новейшими по тому времени установками и приборами. В 1905 и в 1909 гг. по инициативе ученого сооружаются новые аэродинамические трубы в Московском университете, а в 1910 г. он организует аэродинамическую лабораторию при Московском высшем техническом училище (МВТУ). Эти учреждения превратились в центры экспериментальных и теоретических исследований по аэродинамике, в результате проведения которых Россия вышла на одно из первых мест в мире в этой отрасли науки.

Первое десятилетие XX в. характеризуется широким развитием экспериментальных исследований плоских и изогнутых пластинок в аэродинамических трубах и использованием полученных результатов для определения аэродинамических характеристик крыльев первых самолетов, совершавших успешные полеты. Создается ряд аэродинамических лабораторий и специализированных научных организаций на Западе: Аэродинамический институт в Риме (Г. Финци и Н. Солдати), аэродинамическая лаборатория при Национальной физической лаборатории в Англии (NPL); строится ряд аэродинамических труб в Германии, Канаде, США. Основное внимание при экспериментальных исследованиях и теоретических разработках в этот период уделяется подъемной силе крыла. В Англии, Италии, Канаде, Франции и США преобладал эмпирический путь в определении аэродинамических характеристик крыла. Наоборот, в России и несколько позже в Германии основное внимание обращали на теоретическое решение вопроса, при котором эксперимент играл вспомогательную роль [27].

В связи с полетами первых самолетов, изготовленных конструкторами преимущественно эмпирическим путем, методом проб и ошибок, перед наукой возникла непосредственная задача выяснить причину происходящей подъемной силы, создать теорию ее расчета. В своей основополагающей работе «О присоединенных вихрях» (1906 г.) Жуковский открыл «механизм» возникновения подъемной силы и доказал знаменитую теорему («теорема Жуковского»), согласно которой величина этой силы равна про-

изведению плотности воздуха, циркуляции скорости потока вокруг обтекаемого тела и скорости движения тела [39]. Жуковский показал возможность замены крыла при вычислении подъемной силы «присоединенным вихрем», создающим в окружающей среде такую же циркуляцию скорости, как крыло. Справедливость теоремы была экспериментально подтверждена в 1905—1906 гг. в Кучинском институте при экспериментах с падающими в воздухе вращающимися продолговатыми пластинками (Н. Е. Жуковский). «О падении в воздухе легких продолговатых тел, вращающихся около своей продольной оси», 1906 г.). Теорема Жуковского о подъемной силе имела фундаментальное значение в теории крыла и винта.

С начала второго десятилетия XX в. в связи с необходимостью решения конкретных задач, выдвигаемых авиацией, перед теоретической и экспериментальной аэродинамикой наиболее остро встали две основные проблемы: изучение влияния удлинения и формы крыла в плане на аэродинамические характеристики крыла и исследование аэродинамических свойств профилей. Одновременно практика самолетостроения требовала создания методов аэродинамического расчета самолета и проектирования винтов.

Отсутствие метода определения циркуляции скорости вокруг крыла затрудняло использование формулы Жуковского для практических расчетов. Эту принципиально важную задачу решил ученик и последователь Жуковского С. А. Чаплыгин [40] и почти одновременно с ним В. Кутта [41]. Начиная с 1910 г. Чаплыгин проводит цикл работ по теории крыла. В статье «О давлении плоско-параллельного потока на преграждающие тела (к теории аэроплана)» (1910 г.) Чаплыгин сформулировал положение (постулат Чаплыгина — Жуковского), согласно которому при безотрывном обтекании профиля крыла потоком идеальной жидкости хвостовая точка профиля (точка заострения) является точкой схода потока с верхней и нижней поверхностей крыла. Этот постулат позволил вычислить циркуляцию скорости по замкнутому контуру, охватывающему профиль крыла, и тем самым определить подъемную силу по формуле Жуковского. В этой работе Чаплыгин изложил основы плоской задачи аэродинамики и дал формулы для расчета сил давления потока на различные профили крыла. Он впервые вывел общие формулы для силы и аэродинамического момента; указал на наличие значительного опрокидывающего момента, действующего на самолет, и вследствие этого опасность потери устойчивости;



Сергей Алексеевич Чаплыгин
(1869—1942 гг.)

показал, что при нулевой угле атаки подъемная сила изогнутой пластинки зависит от стрелы прогиба и не зависит от величины ее хорды. Общие формулы для силы и момента, действующего на профиль, независимо от Чаплыгина получил и Г. Власиус [42].

Таким образом были заложены основы аэродинамики крыла бесконечного размаха. Почти одновременно с разработкой этой теории были приняты исследования в теории крыла конечного размаха. Одной из первых работ, в которой для построения течения около крыла использовалась вихревая схема, был трактат Ф. Ланчестера, опубликованный в 1907 г. [43]. В 1910 г. Чаплыгин предложил вихревую схему крыла, а в 1913 г. на основе замены крыла П-образным вихрем дал метод расчета индуктивного сопротивления крыла. Аналогичная идея была использована Л. Прандтлем, опубликовавшим теорию «несущей линии» [44], пригодную для расчета индуктивного сопротивления крыла достаточно большого удлинения. Ему же принадлежит важная для последующего развития аэродинамики результаты в теории пограничного слоя (1904 г.), в том числе объяснение сопротивления формы при обтекании тела с отрывом пограничного слоя от его поверхности [45].

В конце первого — начале второго десятилетия XX в. создаются новые аэродинамические лаборатории с усовершенствованными старыми и вновь разработанными аэродинамическими трубами при Национальной физической лаборатории в Теддингтоне, в Геттингене, при Московском техническом училище, позднее в Петербургском Политехническом институте и Институте инженеров путей сообщения, в лаборатории Г. Эйфеля и А. Рато в Париже, Аэротехническом институте в Сен-Сире и др. [27]. Для экспериментальных работ рассматриваемого периода характерен переход от испытаний пластинок к исследованию моделей крыльев с аэродинамическим профилем. Предпринимают попытки эмпирическим путем определить рациональные формы крыла и его профиля.

В эти годы появились новые работы Жуковского, имеющие важное значение для самолетостроения: «О контурах поддерживающих поверхностей аэропланов» (1910 г.) и «Определение давления плоско-параллельного потока жидкости на контур, который в пределе переходит в отрезок прямой» (1911 г.). Ученый предложил ряд теоретических профилей крыльев и рулей (рули Жуковского, крылья типа инверсии параболы, крылья типа Антуанетт) и дал расчетные формулы для определения подъемной силы и линии ее действия для этих профилей. Профили, полученные инверсией параболы, были независимо исследованы Чаплыгиным, вследствие чего они названы профилями Жуковского — Чаплыгина.

В 1910—1911 гг. ученики Жуковского Г. Х. Сабинин и Б. Н. Юрьев развили теорию винта, предложенную Дженкинсом, и разработали метод расчета, хорошо оправдавшегося на практике. В период 1912—1918 гг. Жуковский выполнил серию работ по вихревой теории гребного винта [46], доведенной им и его учеником В. П. Ветчинским до практических приложений. Значение этой теории состоит в том, что едиными зависимостями охвачены все разновидности винтов: пропеллер, геликоптерный винт, лопасти турбин, ветряного двигателя и вентилятора.

Непосредственно перед первой мировой войной и в военные годы Жуковский выполнил ряд работ, прямо отвечающих практическим задачам самолетостроения и авиации. Кроме введенного в 1912—1916 гг. в инже-

нерную практику аэродинамического расчета самолетов, использовавшегося главным образом при конструировании тяжелых бомбардировщиков, Жуковский предложил расчет самолета на устойчивость и управляемость (1913—1916 гг.) [47], а также изложил (1916 г.) основы теории бомбометания [48]. Огромную работу провел он по подготовке авиационных кадров: конструкторов самолетов и пилотов. При его непосредственном участии был создан в 1918 г. Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), ставший впоследствии мировым центром исследований в области гидроаэромеханики.

В рассматриваемый период в практику конструирования самолетов стали проникать методы подобия и моделирования. Теорема о механическом подобии впервые сформулирована Ньютоном в 1687 г. и использована им для разработки ударной теории сопротивления. В 1883 г. О. Рейнольдс установил для случая несжимаемой вязкой жидкости закон гидродинамического подобия [49], согласно которому коэффициент сопротивления тел зависит от параметра, названного в 1908 г. А. Зоммерфельдом числом Рейнольдса. Основную теорему теории подобия и размерностей, так называемую π -теорему, использовали в экспериментальных работах Кузнецкого института, начиная с 1909 г. [50, с. 32].

Из результатов экспериментов, полученных в различных аэродинамических лабораториях, следовало, что опытные данные для геометрических подобных моделей необходимо сравнивать при одних и тех же значениях числа Рейнольдса. Кроме того, переход от опытных данных для модели к натурным условиям также должен осуществляться при соблюдении подобия по числу Рейнольдса. Последнее условие было особенно важно, так как при проектировании самолетов стали все шире пользоваться результатами продвух моделей конструкций в целом и их элементов в аэродинамических трубах (например, при создании гидросамолетов Д. П. Григоревича и тяжелого самолета В. А. Слесарева в России, аэродинамическом расчете Л. Прандтлем самолетов в Германии, проектировании самолетов Г. Эйфелем во Франции [51—53]).

Особое значение для будущего развития аэродинамики имели работы С. А. Чаплыгина (1902 г.), а позднее О. Янцена (1913 г.) и Радея (1916 г.), в которых было обращено внимание на необходимость учета сжимаемости воздуха при определении его сопротивления движению тел при скоростях, близких к скорости звука. В работе «О газовых струях» [54], опередившей свое время примерно на три десятилетия, Чаплыгин исследовал струйные течения газа при любых дозвуковых скоростях, внося значительный вклад в новое направление механики сплошной среды — газовую динамику.

Таким образом, в начале XX в. завершилось формирование аэродинамики как самостоятельной науки. Значительная часть полученных в первые два десятилетия результатов связана с деятельностью двух ведущих научных школ: московской школы Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина и геттингенской школы Л. Прандтля. Становление этой фундаментальной науки происходило под непосредственным воздействием практических задач, и прежде всего запросов авиации. На базе теоретической аэродинамики возникла и соответствующая ей прикладная (техническая) аэродинамика, занимающаяся решением конкретных инженерных задач по расчету деталей аппаратов тяжелее воздуха.

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

1. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕЛЕГРАФНОЙ СВЯЗИ

Изменения в технике телеграфии

К началу рассматриваемого периода техника телеграфной связи совершенствовалась на основе созданных ранее систем электрических телеграфов: мультипликаторных телеграфных аппаратов П. Л. Шиллинга, пишущего мультипликаторного аппарата К. А. Штейнгеля, пишущих электромагнитных аппаратов Б. С. Якоби и С. Ф. Морзе. Вслед за пишущими было изобретено множество стрелочных аппаратов, действовавших по принципу принудительного синхронизма. Попытки применить этот принцип в буквопечатающем устройстве не имели успеха.

Практически пригодное решение для разработки буквопечатающего аппарата нашел Д. Юз, положив в основу его работы принцип синхронно-синфазного движения механизмов передатчика и приемника (1855 г.). Аппараты Юза выдержали испытание временем и исчезли из эксплуатации только к концу первой трети текущего столетия.

Таким образом, к началу рассматриваемого периода телеграфная аппаратура достигла такого уровня совершенства, который отвечал требованиям удобства работы и наилучшего использования тактилографических возможностей телеграфиста. Однако с ростом мирового телеграфного обмена к этому времени уже возникли другие требования. Вначале быстрый рост телеграфного обмена компенсировался повышением мастерства телеграфистов, совершенствованием телеграфной аппаратуры, рационализацией телеграфной службы. Но вскоре дальнейший рост телеграфного обмена потребовал подвески дополнительных проводов.

Огромный размер материальных затрат, которых требовала подвеска каждого лишнего провода на таких длинных магистральных, как, например, линия Петербург—Варшава (1200 км), заставил изобретателей напряженно искать средства более рационального использования уже имевшихся проводов или, выражаясь современным языком, побудил их к разработке способов уплотнения телеграфных линий.

Вместе с тем развитие телеграфии способствовало открытию и изучению законов распространения тока в электрических цепях. По этому поводу Дж. К. Максвелл в 1873 г. писал, что «важные приложения учения об электромагнетизме к телеграфии оказали воздействие на чистую науку, придав коммерческую ценность точным электрическим измерениям и предоставив электрикам возможность пользоваться аппаратами в таких масштабах, которые далеко превосходили масштабы любой обычной лаборатории» [1].

Эксплуатация первых длинных телеграфных линий, и особенно морских кабелей, позволила изучить в достаточно глубоко усвоить существо действительных процессов, протекавших в электрических цепях при телеграфировании. Опыт эксплуатации телеграфов укрепил правильные

представления о распределении токов и напряжений в электрических цепях, открытые Ом и Кирхгофом.

Когда же были проложены первые морские кабели, в полной мере стала ясна зависимость процесса телеграфирования от электрической емкости проводов. Эта зависимость оказалась настолько сильной, что даже по первым подводным кабелям телеграммы приходилось передавать в замедленном темпе. Для работы же по трансатлантическому кабелю протяженностью 3240 км, который удалось успешно проложить к 1866 г. (после четырех неудачных попыток на протяжении 1857—1865 гг.), существовавший пишущий аппарат оказался вообще не пригодным, так как его приемник мог реагировать на сигналы силой не менее 10 мА.

Это препятствие было устранено В. Томсоном (Кельвином), создавшим в 1867 г. пишущий аппарат высокой чувствительности, известный под названием сифон-рекордера, для надежной работы которого требовалась лишь входящий ток порядка 0,02 мА. По существу в сифон-рекордере Томсона (Кельвина) получила дальнейшее развитие идея телеграфного аппарата Шиллинга. Трудности, встретившиеся при первых попытках телеграфирования по длинным морским кабелям, побудили крупнейших физиков (Якоби, Ленца, Максвелла, Гельмгольца, Поггендорфа, Уитстона и др.) заняться изучением роли самовдукции и емкости в переходных процессах, протекающих в электрических цепях при телеграфировании. Открытые при этом закономерности показали, что воздушный телеграфный провод допускал значительно более высокую скорость телеграфирования по сравнению с той, которая определялась производительностью существовавших телеграфных аппаратов.

Автоматическое телеграфирование

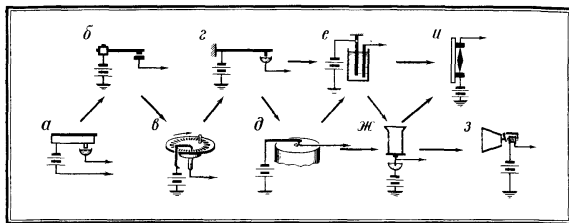
Достигнутая к концу первого периода развития телеграфии производительность телеграфных аппаратов была не далека от предела, превзойти который не могла бы рука даже наилучшим образом натренированного телеграфиста.

По данным современных тактилографических наблюдений, самый опытный телеграфист в состоянии довести среднюю скорость передачи при длительной работе только до 240—300 букв в минуту. Даже при кратковременной (в течение не более 3 мин) работе рекордсменов на международных соревнованиях скорость их передачи не превышает 600 букв в минуту.

Эти обстоятельства породили идею заменить ручную работу телеграфиста по непосредственной передаче сигналов в линию.

Многочисленные попытки осуществить эту идею свелись к разработке двух типов передатчиков: 1) с механизмом для предварительного накопления кодовых комбинаций, 2) с управлением не рукой телеграфиста, а заранее подготовленной им перфорированной лентой.

Различные варианты передатчиков с механизмами для предварительного накопления кодовых комбинаций предлагались еще в середине XIX столетия Сименсом, Поттсом, Клейншмидтом, Мурреем, Смитом, Эрхардом и десятками других изобретателей. По конструкции они были весьма разнообразны, но общий принцип этих устройств был единым и состоял в том, что набор телеграфистом кодовых комбинаций предварительно фиксировался и сама передача уже осуществлялась специальным механизмом с постоянной скоростью, не зависящей от неравномерной работы телегра-



Развитие передатчиков звуковых сигналов

а — клавиша Шиллинга, 1832 г.; б — ключ Якоби, 1841 г.; в — передатчик Якоби (кодекс Нессефа), 1843 г.; г — передатчик Лаборта, 1860 г.; д — передатчик Реиса, 1861 г.; е — передатчик Морозова 1869 г.; ж — передатчик Грей-Белла, 1876 г.; з — электромагнитный передатчик Белла, 1876 г.; и — микрофон Юза, 1878 г.

фиста. Подобные устройства могли накапливать не более 6—8 знаков.

Предварительная подготовка перфорированной ленты повысила скорость телеграфной передачи, так как на нее уже не накладывались такие бы то ни было дактилографические ограничения. Поэтому в дальнейшем получила широкое применение и развитие именно эта система, а попытки ввести в эксплуатацию устройства с механическим накоплением кодовых комбинаций, в конце концов, прекратились.

Первое практически пригодное устройство для телеграфирования с предварительной подготовки перфорированной ленты по неравномерному коду было разработано Ч. Уитстоном в 1858 г. Однако изобретателю не удалось его сразу ввести в эксплуатацию. Существенно более сложным было создание приемного аппарата. Только после того как Уитстон создал специальный приемник (ресивер) с двухполосным быстродействующим поляризованным электромагнитом, ему удалось довести всю систему в целом до пригодного для эксплуатации состояния и в 1867 г. впервые установить ее для обслуживания действующей линии. В 60—70-х годах XIX в. на изобретение автоматического телеграфа Ч. Уитстон получил в Англии ряд патентов.

Аппараты Уитстона позволяли регулировать скорость механизмов в очень широких пределах, и на первых порах производительность аппарата ограничивалась исключительно характеристиками телеграфной линии. К началу XX в. наилучшие образцы аппарата Уитстона позволяли доводить его производительность до 1500 знаков в минуту, что соответствовало продвижению перфорированной ленты через трансмиттер со скоростью 36 м/мин.

Однако быстродействующие аппараты отличались сложностью конструкции, затруднявшей эксплуатацию и требовавшей постоянного присутствия высококвалифицированных механиков. Быстродействие механизмов достигалось ценой их быстрого износа, вызывавшего необходимость их частого ремонта. Для эксплуатации быстродействующей аппаратуры

требовался многочисленный персонал. Например, главное управление почт и телеграфов в России расписанием, утвержденным в 1901 г., предусматривало для обслуживания штат, состоявший из 5—8 человек: одного аппаратчика (телеграфиста, управляющего аппаратом), двух перфоровщиков (т. е. лиц, набивавших на перфораторную ленту тексты телеграмм), одного копииста (т. е. лица, списывавшего текст принятой телеграммы в раскодированном виде) и одного журналиста (лица, ведущего аппаратный журнал). Если нагрузка превышала 80 двадцатисловных телеграмм в час, прибавлялся еще один перфоровщик и один копиист, а при дуплексной работе — помощник к аппаратчику.

Большие трудности, сопряженные с созданием буквопечатающей аппаратуры, работающей на принципе предварительной заготовки перфорированной ленты, были преодолены изобретателями только в XX столетии. Известность получила английская система Крида, в которой был применен перфоратор с клавиатурой пишущей машинки, специальный передатчик, так называемый трансмиттер, ленточный рекордер для приема на перфорированную ленту и дешифратор, обеспечивавший воспроизведение буквенного текста.

Система Крида, основанная на применении неравномерного кода, была сложна в своей приемной части и впоследствии использовалась чаще не как буквопечатающая система, а с ондулятором на приеме, непосредственно записывавшим знаки неравномерного кода в виде волнистой линии.

Разработка буквопечатающей аппаратуры с предварительной перфорацией ленты на основе равномерного пятизначного кода была впервые успешно осуществлена в 1912 г. фирмой «Сименс и Гальске», но широкое распространения эта система также не получила.

Перечисленные выше быстродействующие телеграфные устройства в большинстве стран называли автоматическим телеграфом, хотя в том виде автоматизация в телеграфии в современном понимании этого слова еще не была достигнута, так как ленту все равно перфорировали вручную. Весь смысл изобретения тогда заключался не в автоматизации работы, а в упрощении телеграфной передачи с использованием передатчика, допускавшего высокую скорость телеграфирования. Появилась возможность обеспечить работу телеграфного канала с предельной нагрузкой, так как необходимое для этого число телеграфистов могло одновременно перфорировать телеграфную ленту.

Лишь после изобретения Кридом ленточного рекордера, позволявшего на приеме получить точную копию оригинальной ленты трансмиттера, которая могла быть использована во втором трансмиттере для дальнейшей передачи, появилась возможность автоматизированного (в подлинном смысле слова) переприема транзитных телеграмм.

Но и эта возможность широко использовалась только в последнее время, а в рассматриваемый период более точный термин был принят в Германии, где указанные устройства справедливо называли машинным телеграфом.

Многократное телеграфирование

Наряду с разработкой машинных телеграфов многочисленные изобретатели предпринимали и другие попытки увеличить производительность аппаратуры с целью эффективнее использовать телеграфный канал. Еще

в 1853 г. английский изобретатель Г. Фармер указал на то, что телеграфист после передачи каждого сигнала делает паузу. Как бы мала ни была эта пауза, она всегда достаточна, чтобы в это промежуток передать дополнительно еще несколько сигналов. Основываясь на этих наблюдениях, Фармер предложил присоединить к одному проводу несколько передатчиков, используя этот единственный провод для подачи телеграфной информации от каждого передатчика по очереди при помощи специального устройства — распределителя.

Первая серьезная попытка реализовать идею Фармера принадлежит английскому механику Д. Бернету. В 1860 г. он впервые разработал специальную клавиатуру для совместной работы передатчиков пятизначным равномерным кодом через общий распределитель [2].

В 1863 г. русский изобретатель В. Струбинский и в 1872 г. немецкий изобретатель Б. Майер разработали подобные системы аппаратов для неравномерного кода. Эти изобретения способствовали дальнейшему развитию идеи, но практически еще не решали задачу, так как, основываясь на неравномерном коде, давали сравнительно небольшой выигрыш в удлинении передачи, не оправдывавший сравнительную сложность аппаратуры.

В 1872 г. французский механик Э. Бодо сделал попытку осуществить двукратную передачу, приспособив для этой цели аппараты Юза, но лишь убедился при этом, что аппараты импульсного кода в еще меньшей степени, чем аппараты неравномерного кода, позволяют реализовать выгоды последовательного телеграфирования. Обобщив полученные им результаты и опыт предшественников, Бодо положил в основу своей дальнейшей работы пятизначный код и в 1874 г. запатентовал первый практический пригодный двукратный аппарат, а в 1876 г. — пятикратный аппарат; в 1877 г. аппараты Бодо были официально введены во Франции, а затем получили широкое распространение в других странах.

Производительность двукратного аппарата Бодо достигала 360 знаков в минуту. Производительность четырех- и шестикратных аппаратов, которые строили впоследствии, соответственно была вдвое и втрое больше.

Бодо посвятил телеграфии всю свою жизнь. Он не только сумел блестяще разрешить задачу последовательного многократного телеграфирования, но и создал дешифраторы, печатающие устройства и распределители.

Если Шиллинг ввел в телеграфию равномерный пятизначный код, а Гаусс показал его рациональность, то Бодо впервые полностью практически реализовал преимущества равномерного пятизначного кода.

Наконец, Бодо нашел такие способы поддержания синхронизма между передатчиком одной станции и приемником другой, которые обеспечивали надежную работу буквопечатающих аппаратов на линиях значительной протяженности.

Таким образом, работы Бодо составили важнейшее достижение телеграфии во второй половине XIX в.

Признавая высокие заслуги Жана Мориса Эмиля Бодо, Международный комитет по телеграфии в 1927 г. присвоил единице скорости телеграфирования название бод [2].

В России аппараты Бодо были впервые установлены в 1904 г. для телеграфной связи между Петербургом и Москвой. Однако сразу выяснилось, что в русских условиях к этим аппаратам предъявляются дополни-

тельные требования. Так как в русском алфавите букв больше, чем в латинском, невозможно было разместить их на одном только буквенном регистре и менее употребительные и, й, э, ь, ё пришлось поместить на цифровом регистре. Получавшиеся пробы при переходе посреди слова с одного регистра на другой нередко приводили к недопустимым искажениям смысла телеграммы. В 1908 г. механик Петербургского телеграфа А. П. Яковлев изобрел остроумное приспособление, устранившее этот недостаток.

Другое дополнительное требование было следствием значительной протяженности русских телеграфных линий. Аппарат Бодо мог работать на линии длиной не более 600 км. Этот недостаток был также устранен А. П. Яковлевым, разработавшим телеграфную трансляцию для аппаратов Бодо, которая увеличила возможную дальность телеграфирования в четыре раза. Трансляция А. П. Яковлева была успешно испытана в 1915 г. на линии Петроград—Ростов.

В последние годы отечественные ученые внесли немало значительных усовершенствований в аппарат Бодо, среди которых особенно важной была разработка системы Бодо-радио.

Дуплексное телеграфирование

Почти одновременно с изобретением последовательного многократного телеграфирования был разработан метод уплотнения телеграфного канала при помощи так называемого дуплексного телеграфирования.

Первыми подали мысль о дуплексном телеграфировании чешский электрик Ф. Петржины и австрийский механик Ю. Гинтль, еще в 1853 г. предложившие уравновесить сопротивление телеграфного провода при помощи балансов. Это позволяло добиться такого режима в схеме двух станций, чтобы приемник каждой из них не реагировал на работу собственного передатчика, но всегда был готов к приему сигналов, поступающих от другой станции.

Аналогичные схемы были предложены в 1854 г. Сименсом и Фришменом и рядом других изобретателей.

Идея дифференциальной схемы дуплексного телеграфирования сама по себе не вызывала сомнений. Однако первые же попытки ее осуществления встретили затруднения. Оказалось, что обычный ключ передатчика пишущего телеграфа практически непригоден. В процессе телеграфирования при переходе из положения покоя в рабочее и обратно оба контакта ключа на некоторое время оказывались разомкнутыми одновременно. В это так называемое переходное время дифференциальная схема оказывалась нарушенной.

Помимо этого, чисто технического препятствия, обнаружились и эксплуатационные затруднения. При обычном телеграфировании персонал телеграфных станций все служебные справки, подписания и переговоры при необходимости мог осуществлять немедленно, прерывая передачу очередной телеграммы. Значение такой возможности можно понять, если учесть относительно невысокий уровень мастерства телеграфистов того времени.

Известный русский математик З. Я. Слонимский первый сумел разработать в 50-х годах XIX в. систему встречного телеграфирования (квадруплексная система), исключавшую указанные выше затруднения [3].

В 1871 г. американский инженер Д. Стирис впервые ввел в эксплуатацию упрощенную дифференциальную схему дуплексного телеграфирования. Чтобы избежать применения специального телеграфного ключа, Стирис ввел в цепь обычного телеграфного ключа вспомогательное реле с переходными контактами.

Идея квадруплексного телеграфирования была практически реализована только в 1874 г. известным американским изобретателем Т. А. Эдисоном, который совместно с инженером Джорджем Прескоттом разработал так называемую мостовую схему, действие которой основывалось на закономерностях известного моста Уитстона [4].

К концу 70-х годов квадруплексное, дуплексное и дуплексное телеграфирование широко распространилось во всех странах, особенно в Англии и США.

Таким образом, во второй половине XIX столетия в связи с интенсивным строительством телеграфных линий значительной протяженности назрела насущная задача повысить эффективность использования телеграфных проводов. В соответствии с уровнем научно-технических знаний и производственной технологии разработок методов уплотнения телеграфного канала пошла по трем самостоятельным направлениям и привела к изобретению и практическому применению машинного, многократного последовательного и дуплексного телеграфирования.

Несмотря на замечательные успехи телеграфии, этот вид связи не всегда мог удовлетворить нуждавшихся в нем. В первую очередь не устраивал он морской флот, который со времен великих географических открытий был первым претендентом на новые средства связи. Потребовалась система беспроволочной связи.

Развитие идеи частотного телеграфирования

Из всех технических идей, направленных на повышение степени использования дорогостоящей телеграфной линии, самой важной была идея телеграфирования токами разной частоты. Пути ее осуществления оказались весьма сложными, но ее развитие принесло результаты, значение которых вышло далеко за пределы телеграфии или даже вообще техники связи.

Первые предпосылки для возникновения идеи частотного телеграфирования появились очень давно. Еще в 1837 г. американский инженер Ч. Пейдж заметил, что включения и выключения тока, протекающего через соленоид, подвешенный между полюсами подковообразного магнита, вызывают звук. В последующем это явление изучали многие физики, в том числе О. Де ла Рив и Г. Вертгейм, показавшие в 1849 г., что замыкания и размыкания цепи обмотки электромагнита вызывают продольные колебания его сердечника. Применяя в качестве сердечника электромагнита мягкое железо, они установили, что тон получаемых при этом звуков строго зависит от частоты замыканий и размыканий электрической цепи.

В ближайшие годы было создано множество конструкций так называемых вибраторов (зуммеров), представлявших собой электромагнит, якорь которого, приходя в колебание, автоматически замыкал и размыкал электрическую цепь его обмотки. В 1852 г. чешский физик Ф. Петржила использовал усовершенствованный им вибратор в качестве телеграфного

приемника. В разработанной им системе звукового телеграфирования передаваемые буквы обозначались комбинациями коротких и длинных звуковых сигналов.

Все эти открытия и изобретения подготовили почву для развития идеи одновременной передачи нескольких telegramм по одному и тому же проводу токами разной частоты. Первая попытка осуществить эту идею принадлежит французскому учителю физики Э. Лаборду, доложившему о своем изобретении в 1860 г. Парижской Академии наук [5].

Передатчик в устройстве Лаборда состоял из металлической пластинки, один конец которой был зажат, а к другому концу припаян медный стерженек. При колебаниях пластинки этот стерженек опускался в чашечку с ртутью, замыкая телеграфную цепь. Электромагнит приемника имел якорь, представлявший полное подобие металлической пластинки передатчика, а следовательно, обладал одинаковой с ней собственной частотой колебаний. Основываясь на явлении резонанса, Лаборд включал в общий телеграфный провод несколько пар описанных устройств, стремясь добиться независимого действия каждой пары, т. е. избирательности работы каждого приемника в отношении действующего в паре с ним передатчика.

Значительный шаг вперед в развитии частотного телеграфирования был сделан профессором Харьковского университета Ю. И. Морозовым, который впервые отказался от сигнализации прерывистым током. В 1869 г. он разработал передатчик, представлявший собой стеклянный сосуд, наполненный токопроводящей жидкостью с двумя опущенными в нее электродами. Один из электродов был неподвижным, другой изготовлен в виде металлической пластинки с жестко укрепленным концом. При колебаниях металлической пластинки электрическое сопротивление между ней и неподвижным электродом изменялось по синусоидальному закону и соответственно менялся ток в цепи. Частота этого тока соответствовала частоте собственных колебаний металлической пластинки. Передатчик Морозова представлял собой прообраз микрофона¹.

Изобретение жидкостного микрофона положило начало целой серии опытов над «гармоническим» телеграфом и в конечном счете привело к открытию действительной возможности передачи человеческой речи.

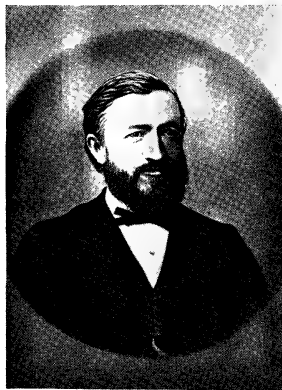
Полное же практическое осуществление идея частотного телеграфирования получила лишь с развитием радиоэлектроники.

2. РАЗВИТИЕ ТЕЛЕФОНИИ

Предыстория

Термин «телефон» появился раньше возникновения практической телефонии. Еще в 1795 г. содержатель одного из петербургских пансионов Х. Вольде демонстрировал в Гатчине екатеринскому двору «телефонное искусство» — проект акустической связи по трубам между Петербургом и Кронштадтом. Во Франции в 1828 г. В. Судр предложил механическое устройство для передачи звуков на расстояние, которое назвал «телефо-

¹ ЦИАЛ, ф. 289, д. 2830 (датовано 1869 г.).



Иоганн Филипп Рейс
(1834—1874 гг.)

ниумом», а Ч. Уитстон в Англии в 1831 г. — «телефоном». В Германии Е. Ромерсгаузен в 1838 г. назвал «телефоном» устройство для связи, при помощи которого предлагал воспользоваться способностью железнодорожных рельсов далеко проводить звук [6—8].

В сущности перечисленные предложения представляли собой попытки превратить в практически пригодное средство связи так называемый «шпурковый телефон» — детскую игрушку, изобретенную Р. Гуком еще в 1667 г. [9].

Затем внимание ученых было обращено на акустические индикаторы электрических сигналов, чему содействовало появление электрического телеграфа. В 1832 г. П. Л. Шиллинг демонстрировал изобретенное им для электромагнитного телеграфа вызывное устройство, представлявшее соединение специального мультипликатора со звонком и часовым механизмом. В пишущем телеграфе, установленном Б. С. Якоби в 1841 г.

в Петербурге для связи между Зимним дворцом и Главным штабом, уже была предусмотрена возможность акустического приема не только одного лишь вызывного сигнала, но и самой телеграммы². С этой целью сигналы принимались одновременно пишущим электромагнитом и звонком, что обеспечивало возможность записи телеграммы и приема ее на слух. Используя указанный принцип, Якоби разработал также звонокый телеграф, предназначавшийся для приема сигналов только на слух [10, с. 117—118].

Таким образом, звонок был ранним акустическим индикатором электрических сигналов. Однако по мере совершенствования конструкции передатчиков и мастерства телеграфистов росла скорость телеграфирования. Поэтому в дальнейшем для акустического приема телеграфных сигналов потребовался прибор менее инертный, чем звонок. Такой прибор возник после открытия американского физика Ч. Г. Пейджа, который в 1837 г. обнаружил явление, названное им «гальванической музыкой»: в электрической цепи, состоявшей из камертона, электромагнита и гальванических элементов, при колебаниях камертона, размыкавших и замыкавших цепь, электромагнит издавал поющий звук [11].

Б. С. Якоби воспользовался открытием Ч. Г. Пейджа и в 1843 г. сконструировал устройство для телеграфирования звуками, которое назвал

«шепчущим телеграфом». В качестве передатчика Якоби применил видоизмененное им «колесо Неефа» — прерыватель электрического тока, использовавшийся в медицинских опытах; для приема сигналов служил соленоид, в котором находилось свободно подвешенный стержень из мягкого железа. Передатчик в исполнении Якоби состоял из медного диска, по окружности которого было прикреплено сто пластинок из слоновой кости. Вращение диска с помощью рукоятки прерывало цепь в контакте щетки, лежавшей на диске. Так как скорость вращения диска достигала четырех оборотов в секунду, частота прерываний доходила до 400 Гц, что обеспечивало лишь невысокое звучание («шепот») приемника.

Сравнивая «шепчущий» и «звонокый» телеграфы, Якоби писал: «Этого рода слуховые звуки, кроме легкости их производства, имеют еще то преимущество перед знаками, что могут быстрее повторяться; по желанию производиться в более медленном темпе; и, наконец, даже слагаться в мелодии, правда монотонные и несколько искаженные...» [12].

Это наблюдение Якоби было подкреплено физиками О. Де ла Ривом [13] и Г. Вертгеймом, показавшими в 1849 г., что тон получаемых в приемном магните звуков зависит от частоты замыканий и размыканий электрической цепи.

Развитие электрического телеграфа сопровождалось изобретением и усовершенствованием акустического вызывного прибора. Первые электрические звонки снабжались часовым механизмом, приводившимся в рабочее состояние от мультипликатора (в телеграфах Шиллинга) или от электромагнита (в телеграфах Якоби). Часовые механизмы усложняли и удорожали вызывные устройства, требовали частого ремонта. Поэтому изобретение Нефом электрического самопрерывателя (названного им «реотомом») сразу привлекло внимание и было использовано в вызывных устройствах телеграфных аппаратов, выпускавшихся В. Сименсом уже с 1847 г. [14].

Принцип действия электрического самопрерывателя до сего времени используют в квартирных звонках. О. Де ла Рив изменял длину якоря и тем самым добивался изменения частоты прерываний тока, т. е. высоты звучания прерывателя. Фроман, а затем Петрижа предложили более универсальный способ, регулируя размах колебаний пластины винтом, который они ставили на место контакта [15].

Механик парижского телеграфа Ш. Бурсель в 1854 г. первый попытался описать способ использования указанных открытий для передачи человеческой речи [16]. Французский академик Т. А. дю Монсель считал, что Ш. Бурсель предложил в своем описании устройство, сходное с тем, которое позднее в 1861 г. осуществил немецкий физик Ф. Рейс [17]. Однако именно работы Ф. Рейса положили начало практическому осуществлению идеи телеграфирования.

Изобретение телефона

Еще в студенческие годы (с 1853 г.) Ф. Рейса заинтересовала задача передачи и воспроизведения звуков при помощи гальванического тока. Готовясь стать преподавателем физики, он познакомился с исследованиями Вертгейма, но в собственных работах пошел по новому пути, пытаясь воспроизвести процессы, происходящие в органах слуха человека.

² Архив Академии наук СССР, ф. 187, оп. 1, д. 77, л. 22.



Герман Людвиг Фердинанд
Гельмгольц
(1821—1894 гг.)

К 1860 г. он сконструировал до десятка различных устройств и в конце концов создал «искусственное ухо» — модель ушной раковины из дуба, вход в нее закрыл эластичной мембраной, разместил на ней молоточек с наковальней из платиновой пластины и соединил это устройство с источником тока и электромагнитным приемником. В 1860 г. он упростил это устройство, свел его к передатчику, представлявшему собой ящик с отверстием, обтянутым перепонкой, к поверхности которой была прикреплена ленточка электропроводной фольги. В центре перепонки пад концом ленточки располагался контакт. При воздействии звука на перепонку контакт замыкал цепь с частотой воздействующего звука. В качестве приемника изобретатель использовал соленоид с сердечником, жестко укрепленным с обоих концов [18].

В последующие годы Ф. Рейс неоднократно демонстрировал свое изобретение у себя на родине. Особый интерес представляет демонстрация телефонного устрой-

ства в России в 1865 г. Д. Юз вспоминал об этой демонстрации в Петербурге в следующих словах: «Поскольку я желал продемонстрировать... не только мой собственный телеграфный аппарат, но и последнюю новинку в этой области, профессор Филипп Рейс из Фридрихсдорфа прислал мне свой новый телефон в Россию, и таким образом я был в состоянии совершенно ясно передавать и принимать музыкальные звуки, а также несколько произнесенных слов. Передача этих слов была, однако, крайне ненадежной, так как временами слово могло быть передано очень ясно, а затем вдруг без видимых причин передача совершенно прекращалась. Этот прекрасный инструмент был основан на верной теории телефонирования, и он имел все необходимые элементы, чтобы им можно было практически пользоваться» [18]. Знаменательно, что Д. Юз дал приведенную положительную характеристику устройству Ф. Рейса тридцать лет спустя после указанной демонстрации, т. е. во время, когда телефонные устройства уже достаточно долго практически использовались, а он сам, как будет изложено в дальнейшем, сделал важнейшее для прогресса телефонной техники открытие.

Работы Г. Гельмгольца прояснили причины ненадежной работы устройства Ф. Рейса [49]. Г. Гельмгольц показал, что для успешного воспроизведения звука имеет значение не только его частота, но и тембр. Сра-

дно, что в моменты полного прерывания цепи в контакте устройства Ф. Рейса искажался тембр звучания.

Особенно интенсивно экспериментировали с «гармоническим телеграфом» американские ученые. В США бурно развивалась телеграфная связь, а относительно большая протяженность телеграфных линий (сравнительно с западноевропейскими) придавала большую остроту проблеме уплотнения американских линий связи.

Телеграфная компания «Вестерн Юнион» обещала крупнейшее вознаграждение лицу, которое сумеет разрешить практически проблему многократного частотного телеграфирования.

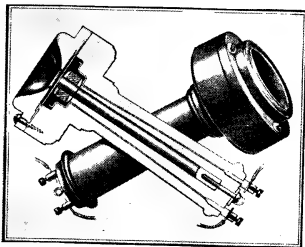
Первым обнаружил способность гармонического телеграфа воспроизводить переданные звуки с сохранением тембра американский физик Илайша Грей. О своем открытии он сообщил в печати в августе 1874 г., но закончил разработку изобретения и подал патентную заявку лишь полтора года спустя, 14 февраля 1876 г., назвав изобретение «Устройством для передачи и приема вокальных звуков телеграфным способом».

Однако, как указывалось, в том же направлении экспериментировало много изобретателей, и неудивительно, что в этот же день и даже на один час ранее И. Грея представил в патентное бюро аналогичную заявку А. Г. Белл, также объявивший, что «создал телеграф, при помощи которого можно передавать человеческую речь». Ранее А. Г. Беллу стало известно об огромной награде, обещанной «Вестерн Юнион» за изобретение частотного телеграфирования, и он все свободное время стал отдавать «музыкальному телеграфу». В июне 1875 г., экспериментируя, А. Г. Белл подобно И. Грею (но почти на год позднее) совершенно случайно из-за оплошности своего ассистента А. Ватсона обнаружил, что приемник воспроизводит звуки речи. Оказалось, что А. Ватсон исправлял приемный электромагнит, подключенный к другому приемному электромагниту, находившемуся в соседней комнате, в которой сидел А. Белл. Таким образом, в отличие от И. Грея, предложившего для телефонирования устройство, состоявшее из жидкостного микрофона (передатчик) и приемного электромагнита, А. Белл, обнаруживший, что электромагнит с легким якорем может служить и передатчиком, первоначально предложил систему, состоявшую из двух электромагнитов [20].

7 марта 1876 г. А. Г. Белл получил долгожданный патент. Однако он вскоре убедился, что звуки в приемнике еле слышны и, работая с предложенной в патенте схемой, добиться их усиления невозможно. К тому же первое исполнение этой схемы было весьма грубым. Фирма «Вестерн Юнион», которой А. Г. Белл предложил за 100 тыс. долл. продать свое изобретение, от такого приобретения отказалась из-за его несовершенства и пригласила И. Грея и Т. А. Эдисона для разработки практически пригодных телефонных устройств, создав в 1879 г. дочернюю фирму «Американ Спиритинг Телефон Компани».

В ответ А. Г. Белл организовал собственную фирму «Нью Ингленд Телефон Компани», впоследствии преобразованную в «Белл Телефон Компани». К работе в созданной им фирме он привлек немецкого иммигранта Э. Берлинера и бостонского профессора Блейка.

Годом ранее в мае 1878 г. Д. Юз доложил Лондонской королевской академии, членом которой он состоял, об открытии им микрофонного эффекта, который состоял в следующем. Исследуя плохие электрические



Телефон А. Г. Белла (80-е годы XIX в.)

контакты при помощи телефона, Д. Юз обнаружил, что колебания плохого контакта прослушиваются в телефоне. Испробовав контакты, изготовленные из различных материалов, Юз убедился, что эффект проявляется с наибольшей силой при использовании контактов из пресованного древесного угля. Основываясь на этих результатах, Юз сконструировал в 1877 г. телефонный передатчик, названный им микрофоном³. Прибор Юза состоял из угольной палочки, свободно вставленной в углубления угольных колодок. Это устройство при включении в телефонную цепь

действовало подобно жидкостному передатчику Морозова: контактные соединения в точках касания палочки с колодками изменялись в соответствии со звуковыми колебаниями, вызывая соответствующие гармонические колебания в цепи телефона.

Таким образом, был найден более портативный, чем жидкостный, и более чувствительный, чем электромагнитный, передатчик звуков, и изобретатели принялись интенсивно работать над созданием конструкции палочкового микрофона, удобной для практического использования. Сам же Юз, не считая свое открытие изобретением, даже не взял патента на свое устройство, чем способствовал впоследствии предъявлению необоснованных претензий со стороны других изобретателей.

Тем не менее телефонные устройства не только были еще очень далеки от совершенства, но оказались непригодными для повседневной эксплуатации, так как требовали почти непрерывной регулировки.

Известный изобретатель, много сделавший впоследствии для усовершенствования микрофона, Э. Берлинер, вспоминая положение дел в компании Белла, писал об этом времени следующее: «Состояние передатчика Блейка, когда я взялся за него, было печально, так как они (т. е. компания Белла. — *Авт.*) не могли сделать десяток передатчиков достаточно идентичными и когда их к вечеру регулировали, то уже на следующее утро они оказывались разрегулированными. Вместе с тем качество передачи нельзя было назвать иначе как «бооту»⁴ и перед передатчиком требовалось говорить с величайшей осторожностью, чтобы эта речь хоть каково была понята на приемном конце». Для эксплуатации надо было иметь постоянно опытного человека с приборами для регулировки, чтобы сделать коммерческий разговор вообще возможным. Поэтому в течение 1879 г.

продолжали использоваться электромагнитные передатчики в виде огромных ящиков, привнчиваемых к стене⁵.

В усовершенствовании телефонной аппаратуры приняли участие сотни ученых и изобретателей. Наиболее известными стали работы Т. А. Эдисона, Ф. ван Риссельберге, Э. Берлинера, Ф. Блейка, А. Е. Долбера, Т. Пушкама, К. Адера и других.

По значительности сделанного вклада в становление телефонной техники первым среди изобретателей следует несомненно назвать П. М. Голубицкого. Первую патентную заявку он сделал в 1881 г. на телефоннофонограф — аппарат, позволивший не только вести телефонные разговоры, но и записывать их механическим способом (французский патент № 145584). В 1882 г. П. М. Голубицкий получил в России по заявке от 12 августа 1882 г. привилегию (№ 15) и в Германии патент (№ 22634) на предложенные им двух- и четырехполюсные телефоны, показавшие преимущество перед применявшимися однополюсными телефонами. Изобретатель разработал первую конструкцию микрофона с угольным порошком. На это изобретение ему был выдан в 1883 г. во Франции патент (№ 155643), в России в 1897 г. привилегия (№ 33) по заявке от 14 января 1885 г.

П. М. Голубицкий создал наиболее совершенную до того времени схему и конструкцию телефонного аппарата, главная идея которого — изменение коммутации цепей в зависимости от положения телефонной трубки — получила в дальнейшем развитие и, как известно, лежит в основе современных универсальных аппаратов (привилегия № 15, выданная в 1887 г. по заявке от 12 августа 1882 г.).

П. М. Голубицкий работал над внедрением телефонной связи в промышленности и транспорт [21].

Решающее влияние на последующее развитие телефонных сетей оказала предложенная им телефонная станция с центральной батареей. Уже в 1886 г. О. Д. Хвольсон сообщал «об изобретенной Голубицким системе микрофонного сообщения с батареями, сосредоточенными в центральном бюро, которыми и пользуются абоненты, не имеющие у себя гальванических элементов, как для сигналов, так и для разговора» [22].

Система питания абонентских аппаратов от центральной батареи, впервые разработанная П. М. Голубицким, не только облегчила обслуживание телефонных сетей, но, что еще важнее, открыла возможность устройства центральных телефонных станций с десятками тысяч абонентских точек. В дальнейшем система центральной батареи явилась необходимой предпосылкой для автоматизации работы телефонных станций (АТС).

Многочисленные работы других русских изобретателей касались главным образом усовершенствования телефонных аппаратов и разработки телефонных устройств специального назначения. Известны заслуги в создании угольного микрофона Г. Махальского.

Военный инженер полковник В. Б. Якоби (сын академика Б. С. Якоби) в 1881 г. разработал миниатюрный телефонный аппарат «телеграф», предназначенный для военно-полевой связи. Изобретения

³ Термин «микрофон» был впервые применен английским физиком Ч. Уитстоном к изготовленному им в 1818 г. чувствительному прибору для исследования слабых звуков.

⁴ Здесь Берлинер употребляет английское слово «boot» как термин «сильный гул», «сильный шум».

⁵ По данным «Почтово-телеграфного ежегодника» за 1899 г. издававшегося в России, электромагнитный телефон Белла весил 19 фунтов (около полпуда, т. е. около 8 кг).

специальных кнопок на аппарате. Для ручных станций это оказалось пределом.

Попытки создать автоматические системы коммутации начались сразу же после изобретения телефона, однако практические их внедрение началось только в XX в. Конец XIX в. ушел на поиск основных принципов автоматизации и создания технических решений осуществления переключения, выбора конструкции контактов, способов приведения искателей в движение и управления ими, а также группообразования.

Уже в 1879 г. изобретатели М. Д. и Т. Э. Кеннели и Т. И. Мак-Тай в США запатентовали шаговый искатель с электромагнитным приводом с одним круговым движением щеток.

В 1883 г. Т. Э. Кеннели создает искатель с прямолинейным движением щетки за счет груза. Импульсы тока шли из аппарата абонента.

В 1887 г. русский изобретатель К. А. Мосцицкий создает «самостоятельный центральный коммутатор» на реле с питанием из аппаратов абонентов и индукторным вызовом [25].

В 1889 г. А. Б. Струуджер патентует искатель на 1000 линий с подъемно-вращательным движением щеток, управляемый из аппарата абонента по пяти проводам. В 1892 г. он вводит токораспределитель, сокращая число проводов от аппарата до одного (обратным проводом служила земля), а в 1895 г., после того как были созданы принципы группообразования, создает конструкцию декадно-шагового искателя на 100 линий, ставшего основой шаговой системы АТС Струуджера, просуществовавшей до середины XX в. [26, с. 10—12].

В 1893 г. русские изобретатели М. Ф. Фрейденберг и С. М. Бердичевский-Апостолов в Одессе предлагают «телефонный самосоединитель» — искатель с двумя прямолинейными движениями щеток, управляемый импульсами, идущими от пульс-схемы из аппарата абонента, причем число шагов отмечается цифрами на аппарате. Модель такой станции на 250 номеров с четырьмя аппаратами, изготовленная в мастерской Новороссийского университета в Одессе под руководством механика И. А. Тимченко, демонстрировалась в Одессе, Петербурге, Вене и Париже, где система и была запатентована [27, с. 55—60; 28, с. 74—80].

В 1895 г. М. Ф. Фрейденберг, совершенствуя свою систему, изобретает один из важнейших узлов современных АТС — предискатель, позволивший во много раз сократить число искателей на станциях. В своей заявке он пишет: «Если взять, например, систему на 10 000 абонентов, то почти невероятно, что более 1000 из них будут вести разговор одновременно. Поэтому вполне достаточно предоставить возможность вести одновременные разговоры пятистам парам абонентов, в то время как при прежних системах могли говорить 5000 пар абонентов». И он пишет: «...вместо того, чтобы применять контактную площадку (так тогда называли искатель) для каждого абонента, я предлагаю применить меньшее число этих площадок и устройства, позволяющие любому абоненту использовать каждую площадку, если только она не занята...» [28, с. 76]. Предискатель М. Ф. Фрейденберга запускался при поступлении от абонента импульса тока, включающего электродвигатель, приводящий в прямолинейное движение каретку со щеткой. Контакт замыкался, доходя до выхода к свободному искателю, автоматически выключался двигатель, а занятый выход механически блокировался после нажатия на подвижной

поперечный брус, проходящий под всеми предискателями. Так впервые было реализовано свободное искание и применен предискатель. Фирма А. Б. Струуджера использовала свободное искание лишь в 1897 г.

При дальнейших работах по совершенствованию систем АТС М. Ф. Фрейденберг в 1896 г. создает и патентует искатель машинного типа [28] с общим полем, приводимый в движение не индивидуальным электродвигателем, как предискатель, а подключением к непрерывно вращающемуся валу. Запуск осуществлялся из аппарата абонента, и посылаемые из искателя импульсы считались «счетчиком-манипулятором» в аппарате; когда искатель делал нужное число шагов, он останавливался. Подобный принцип управления машинами искателем был значительно позже использован в машинной системе шведской фирмы Эриксон, в которой роль «счетчика-манипулятора» выполнял установленный на станции регистр, фиксирующий номер, набираемый абонентом, и осуществляющий управление исканием. В том же 1896 г. М. Ф. Фрейденберг предлагает для увеличения емкости станции применить групповой искатель, но еще без свободного искания [28].

Для реализации изобретений М. Ф. Фрейденберга в Англии создается акционерное общество «Freudenberg Automatic Telephone Syndicate, Limited», однако оно не могло выдержать конкуренции с более мощными компаниями, производящими и эксплуатирующими ручные станции.

В 1893 г. Ф. Лундквист и братья Дж. и Ч. Эриксон патентуют в Америке искатель с двумя прямолинейными движениями щеток, а в 1894 г. создают искатель с одним прямолинейным движением щеток и общим струнным полем с электромагнитным шаговым приводом и поворотом щеток. При этом они используют общее струнное поле для группы искателей [27, с. 59].

С. М. Бердичевский-Апостолов в 1896 г. создает оригинальную систему АТС с «перекрестной» системой выбора линии одного абонента на 10 000 номеров с помощью двух 100-линейных шаговых искателей с одним прямолинейным движением щеток.

К началу XX в. были разработаны основные принципы создания автоматических телефонных станций со щеточными искателями и началось их практическое внедрение, причем первые два десятилетия ушли на формирование и отработку конструкций. Наряду с декадно-шаговыми системами фирмы А. Б. Струуджера, нашедшими широкое применение в Англии и Америке, появилась машинная система типа Ротари, разработанная в 1913 г. фирмой Вестер и нашедшая широкое применение в Европе. В 1919 г. появляется АТС панельной системы, вошедшей в эксплуатацию в США и применявшейся до середины XX в.

Недостатки щеточных искателей — малая надежность, сравнительно медленное действие и плохое качество контакта с трущимися поверхностями, создающие помехи разговору, вызвали необходимость поиска новых решений — прежде всего с использованием контактов релеинного типа. В 1913 г. в США Дж. Рейнольдсом был запатентован механизм управления контактами релеинного типа пересекающимися шпинами. В 1919 г. шведский инженер Г. Бетгудлер усовершенствовал конструкцию, создав устройство, получившее название многократного координатного соединителя (искатель кроссбар), которое начали применять в АТС с середины двадцатых годов.

3. ИЗОБРЕТЕНИЕ РАДИОСВЯЗИ И НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП РАДИОТЕХНИКИ

К концу XIX в. проводная электрическая связь существовала между многими городами и странами мира. Однако она ограничивалась лишь неподвижными объектами и для движущихся объектов была непригодна. Более всего ощущали отсутствие надежного средства связи мореплаватели всех стран мира. На море одним из самых распространенных видов передачи сообщений была визуальная (семафорная, флажная и световая) сигнализация. Однако эти виды сигнализации не могли полностью решить задачу беспроводной связи, так как они были непригодны при неблагоприятных метеорологических условиях и, кроме того, обладали демаскирующим свойством, что ограничивало их использование в военном деле.

Делались попытки создать и электрические средства беспроводной передачи информации. Для этой цели использовали проводимость воды, а на суше — почвы (К. Штейнгейль, 1838; С. Морзе, 1842 и др.). Однако в этих опытах заметных успехов достигнуто не было. Истории известны опыты применения для беспроводной связи электростатической и электромагнитной индукции (Т. Эдисон, А. Белл, Д. Траубридж, В. Прис). Но и эти попытки не дали практических результатов: слишком мала была дальность связи. Более заметные успехи были достигнуты в области сигнализации с помощью электрического света.

Полностью реализовать сигнализацию без проводов, отвечающую всем требованиям морского дела, удалось с применением электромагнитных волн. Это стало возможно после работ выдающегося немецкого физика Г. Герца, который в 1887 г. своими классическими опытами доказал справедливость гипотезы Д. Максвелла (1864 г.) о единстве природы световых и электрических явлений. Герц экспериментально подтвердил существование в природе предсказанных Д. Максвеллом электромагнитных волн и предложил метод их искусственного получения.

Вскоре после открытия Герца ученые и изобретатели разных стран стали высказывать идеи о практической применимости электромагнитных волн для беспроводной связи. Одно из таких предложений содержалось в редакционном примечании журнала «Электричество» (1890 г.) к статье о работах Герца видного русского физика и педагога О. Д. Хвольсона. Была высказана мысль, что открытие Герца, возможно, представляет собой зародыш новых отделов электротехники, таких, например, как «телеграфия без проводов наподобие оптической» [29].

Более определенно идею применения электромагнитных волн для связи сформулировали английский ученый В. Крукс [30, с. 417] и выдающийся электротехник Н. Тесла [31, с. 421].

Многие исследователи повторяли опыты Герца и изучали открытые им явления. Среди них О. Лодж, Э. Бранли, Д. Бос. Э. Лехер, Р. Блондло, М. Пуллип, Д. Минчин, А. Слаби, А. Риги, а также наши соотечественники А. Столетов, Н. Егоров и, конечно, А. Попов, которому принадлежит честь изобретения радиосвязи. Очень интересные результаты в изучении электромагнитных волн получили французский физик Э. Бранли и английский физик О. Лодж. Э. Бранли в 1890 г. обнаружил, что металлические опилки резко изменяют электрическое сопротивление в электромагнит-

ном поле. На основе этого явления он построил индикатор электромагнитных волн, назвав его «радиоиндуктором» [32, с. 353; 33, с. 356]. Прибор Бранли в его наиболее известной форме представлял собой небольшую стеклянную трубочку с двумя электродами, между которыми были насыпаны металлические опилки. Электроды радиоиндуктора включались в цепь электрической батареи и гальванометра. При воздействии электромагнитной волны на прибор электрическое сопротивление его резко уменьшалось и стрелка гальванометра отклонялась. Тем самым можно было регистрировать воздействие электромагнитных волн. После изменения сопротивления радиоиндуктор уже не реагировал на волну до тех пор, пока опилки слегка не встряхивали. В необходимости встряхивания состояло существенное неудобство применения радиоиндуктора.

О. Лодж, повторяя опыты Герца, воспользовался индуктором Э. Бранли, конструктивно усовершенствовал его. В частности, он применил часовой механизм для встряхивания опилок через равные промежутки времени (1893—1894 гг.). Лодж дал этому индикатору название «когерер», под которым он и вошел в историю [34, с. 424].

Преподаватель Минного офицерского класса в Кронштадте физик-электрик А. С. Попов занялся изучением электромагнитных волн вскоре же после сообщения о первых работах Герца. Попов понял, что открытия Герцем явления можно применить для беспроводной связи на расстоянии. Из переписки А. С. Попова с коллегами можно заключить, что эта мысль сформировалась у него уже в начале 90-х годов. К этому времени он создал высокочастотный искровой генератор, в схеме которого содержались все элементы радиопередатчика, пригодного для связи (ртутный прерыватель, телеграфный ключ, симметричный вибратор). Уже в 1894 г. А. С. Попов настойчиво искал необходимости для беспроводной связи конструктивные решения, сосредоточив внимание на разработке надежного и чувствительного приемного устройства.

Изобретатель поставил перед собой две задачи, которые определили два этапа его исследований на пути к созданию радиосвязи. Первый этап определялся поисками чувствительного и наглядного индикатора электромагнитных волн. Второй этап был связан с конструктивным синтезом всех известных в то время в науке и технике компонентов



Александр Степанович Попов
(1859—1905 гг.)

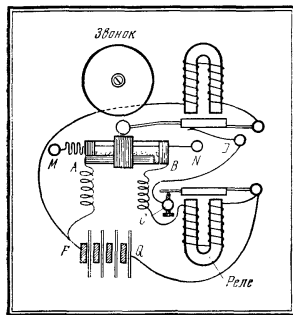


Схема первого радиоприемника А. С. Попова (1895 г.)

для создания приемного аппарата, пригодного для беспроводной связи.

Зная о работах Э. Бранли и О. Лоджа, А. С. Попов выбрал в качестве индикатора электромагнитных волн когерер. Следует, однако, отметить, что в тогдешнем виде когереры Бранли и Лоджа еще не могли быть эффективно использованы для связи. Произвольность момента встряхивания когерера, т. е. момента, определяющего его готовность к работе, не обеспечивала прием всех без исключения посылок волн. Прием сигналов был невозможен в период между срабатыванием прибора и встряхиванием. Это и понятно, так как ни Бранли, ни Лодж не ставили перед собой задачу осуществления связи и лишь экспериментально изучали открытие Герцем явления [35, с. 255–263].

Серия опытов позволила А. С. Попову создать к началу 1895 г. конструкцию достаточно чувствительного когерера, пригодного для лекционных демонстраций опытов Герца, а также сигнализации на расстоянии, значительно превышающие размеры учебных и лекционных помещений.

О второй из упомянутых задач А. С. Попов говорит следующее: «...я поставил себе еще другую задачу: добиться такой комбинации, чтобы связь между опилками, вызванная электрическим колебанием, разрушалась немедленно автоматически» [35, с. 64].

В начале 1895 г. ученый сконструировал переносный прибор, схема которого изображена на рисунке, взятом из его статьи в январском (1896 г.) номере «Журнала Русского физико-химического общества» [36]. Электрическое сопротивление когерера, последовательно включенного в цепь чувствительного электромагнитного реле и гальванической батареи, резко изменялось в поле электромагнитной волны, что вызвало срабатывание реле. При этом контакты реле замыкали цепь электрического звонка, который сигнализировал о приеме колебаний ударом по колокольчику. При обратном движении молоточек звонка ударял по когереру, встряхивал опилки и когерер мгновенно возвращался в чувствительное состояние. Таким образом, каждое срабатывание прибора вызвало звуковой сигнал и самовосстановление его работоспособности. Этот принцип автоматического восстановления чувствительности когерера и был важной отличительной принципиальной особенностью прибора А. С. Попова в сравнении с предшествующими аппаратами Бранли и Лоджа. А. С. Попов четко понимал это, отмечая, что «такая комбинация, конечно, удобнее, потому что будет отвечать на электрические колебания, повторяющиеся одно за другим» [35, с. 64].

В качестве передающего устройства А. С. Попов использовал вибратор,

работающий от высоковольтной катушки Румкорфа, который применялся им также и для лабораторного показа опытов Герца. Мощность этого излучателя была вполне достаточной для осуществления первых опытов по радиосвязи. В качестве излучателя А. С. Попов применил симметричный вибратор, состоящий из прямолинейных металлических стержней, с шариками искрового разрядника на сближенных концах, оканчивающихся «квадратными листами 40 сантиметров в стороне». Такой вибратор давал возможность проводить опыты на больших расстояниях. С целью увеличения расстояния А. С. Попов присоединил к приемному устройству вертикальный провод длиной 2,5 м. Таким образом, он в первых опытах использовал своеобразные антенные системы. Прообраз таких антенн был применен Н. Теслой в 1893 г.

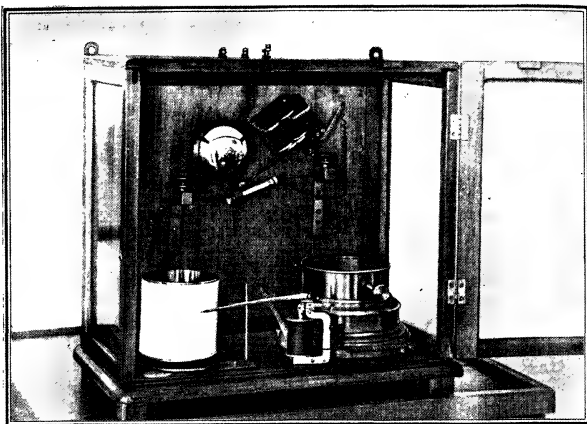
Опыты с построенным А. С. Поповым «прибором для обнаружения и регистрирования электрических колебаний» дали вполне обнадеживающие результаты: беспроводная сигнализация четко действовала не только в физическом кабинете, но и в саду Минного офицерского класса в Крошштаде. А. С. Попов убедился, что его приборы могут хорошо служить для осуществления беспроводной связи на расстояние. Сначала расстояния были невелики (несколько десятков метров), но постепенно, совершенствуя свои приборы, ученый добился передачи сигналов на значительно большие расстояния.

На заседании Физического отделения Русского физико-химического общества, которое состоялось в помещении физического кабинета Петербургского университета 25 апреля (7 мая) 1895 г., А. С. Попов выступил с докладом об опытах передачи сигналов с помощью электромагнитных волн и продемонстрировал в действии свои приборы.

Сообщение об этих работах А. С. Попова было помещено в газете «Крошштадтский вестник», а краткий протокол заседания опубликован в «Журнале РФХО» [37]. Подробный отчет о своей работе, описание и схему построенного прибора А. С. Попов поместил в январском выпуске упомянутого журнала [36].

Во время опытов А. С. Попов обнаружил, что его прибор реагирует не только на электромагнитные колебания от вибратора Герца, но также и на грозовые разряды в атмосфере. Ученый заинтересовался этим явлением и применил свое изобретение для метеорологических целей, и в частности для предупреждения о надвигающихся грозах. Для этого летом 1895 г. он построил еще один специальный прибор, который записывал атмосферные электрические разряды на движущейся бумажной ленте. Этот прибор был стационарным в отличие от первого переносного радиоприемника. Он был установлен на метеорологической станции Лесного института в Петербурге и получил впоследствии наименование «грозоотметчик». Летом 1896 г. А. С. Попов использовал грозоотметчик на электростанции Нижегородской ярмарки в качестве прибора, указывающего на приближение грозы.

После первых успехов радиосвязи А. С. Попов занялся усовершенствованием построенного им прибора с целью повышения надежности его работы и увеличения дальности действия связи. Работу своего усовершенствованного аппарата изобретатель продемонстрировал на двух лекциях 19 (31) января и 12 (24) марта 1896 г. Важное значение имел его доклад 19 (31) января на заседании Крошштадского отделения Русского техниче-



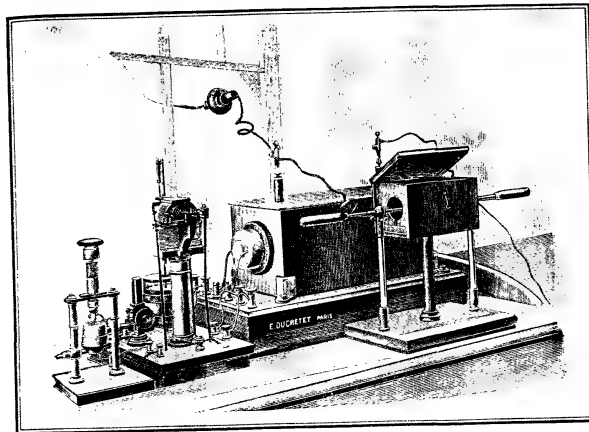
Прибор А. С. Попова для записи на бумажную ленту грозвых электромагнитных сигналов, так называемый «грозозаписчик» (1895 г.)

ского общества, на котором присутствовали представители военно-морского ведомства. Специалисты высоко оценили новое средство беспроводной связи для морских применений. Сообщение об этом докладе появилось в пяти печатных изданиях [38—42].

Не менее важно отметить выступление проф. В. В. Скобельцына в Электротехническом институте 2 (14) апреля 1896 г. Он рассказал о работах А. С. Попова и показал его приборы в действии. Радиосвязь осуществлялась из одного здания Института в другое [43].

К весне 1897 г. А. С. Попов установил свои приборы на кораблях Балтийского флота, добился связи на расстоянии до 5 верст (5,5 км). Таким образом была решена поставленная ученым задача по созданию нового средства связи, которое позже стало называться «радио» и которому суждено было не только открыть эпоху в развитии электросвязи, но и стать началом важного направления научно-технического прогресса.

Изобретение радиосвязи А. С. Поповым не было случайным. Не случайно появилось оно и в России. Можно назвать по крайней мере три причины, объясняющие это. Первая — глубокие исторические корни, русские ученые еще со времен М. В. Ломоносова и Г. Рихмана уделяли большое внимание изучению электрических явлений. Их труды внесли огромный вклад в мировую электротехническую науку. Вторая причина — хорошая



Искровой радиопередатчик А. С. Попова, изготовленный французской фирмой Э. Дюкретте в начале XX в.

постановка электротехнического образования в России, где специалисты-электрики получали высокую квалификацию на уровне достижений передовой науки того времени. И, наконец, третья причина заключалась в том, что в конце XIX в. быстро развивался русский флот, испытывая острую потребность в надежном средстве дальней связи на море. А. С. Попов, работая в Минном офицерском классе — передовом морском учебном заведении, был прекрасно осведомлен о всех насущных нуждах флота и имел хорошую научную подготовку в области физики электромагнитных явлений.

Новый вид связи был претворен в налаживании радиотелеграфной связи между о. Готланд и о. Кутсало в Финском заливе на расстоянии около 45 км. Эта линия связи была осуществлена А. С. Поповым и его помощниками зимой 1899 г. во время работ по спасению потерпевшего аварию броненосца «Генерал-адмирал Апраксин». Знаменательно, что одна из первых радиogramм содержала приказ ледоколу «Ермак» спасти рыбаков, унесенных на льдине в море.

Летом 1896 г. в прессе стали появляться сообщения об опытах итальянца Г. Маркони с электромагнитными волнами. В сентябре 1896 г. было сообщено о беспроводной передаче сигналов Г. Маркони в районе Солсбери (Англия) на расстоянии 1,75 мили, а весной 1897 г. он достиг дальности передачи 9 миль.

В июне 1897 г. главный инженер английской телеграфной службы В. Прис прочитал лекцию в Королевском институте, из которой впервые можно было составить представление об устройстве прибора Г. Маркони [35, с. 84; 44]. За исключением второстепенных деталей, приборы Г. Маркони были полностью аналогичны аппаратам, которые разработал А. С. Попов за полтора года до этого.

В июне 1896 г. Г. Маркони подал заявку на патент, а в марте 1897 г. — на дополнительные уточнения к ней. 2 июля 1897 г. ему был выдан английский патент (№ 12039) на «Усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов и в аппаратуре для этого».

Попытки Маркони запатентовать свои приборы в других странах, где патентным правом предусматривалась экспертиза на абсолютную новизну, не увенчались успехом (кроме Италии). В патентах ему неизменно отказывали, ссылаясь на публикации А. С. Попова [45].

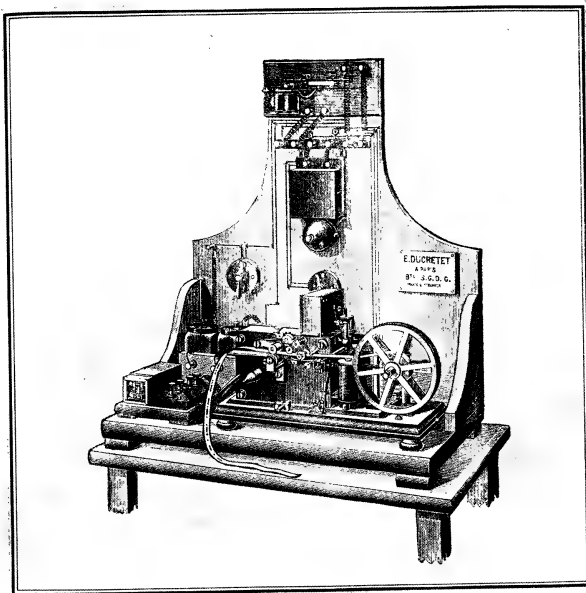
Расстояния, на которые можно было передавать сигналы с помощью радио, быстро возрастали. В 1901 г. Г. Маркони удалось передать радиосигнал из Англии (Полдью) в Америку (Ньюфаундленд) на расстоянии 3500 км. Посланная радиограмма состояла всего из одной буквы «С», которая была выбрана потому, что в использованном телеграфном коде Морзе передавалась как три одинаковых коротких посылки — точки. Это было существенным завоеванием радиосвязи, означавшим, что новому средству связи подвластны уже трансатлантические масштабы. Для осуществления этой межконтинентальной радиопередачи потребовалась антенна высотой 48 м и искровой радиопередатчик мощностью 25 кВт.

Беспроводная связь быстро развивалась прежде всего как достаточно удобное средство общения людей, разделенных расстоянием или природными препятствиями.

Вначале для обозначения нового средства связи использовали такие термины, как «беспроводная связь», «сигнализация без проводов». В 1903 г. на Международной конференции по беспроводному телеграфированию был рекомендован термин «радио», который постепенно вошел в употребление и в настоящее время применяется повсеместно.

Вслед за первой радиотехнической компанией, которая была основана Г. Маркони в Англии в 1897 г., в различных странах стали создавать фирмы для разработки радиотехнической аппаратуры. Новая область техники привлекла внимание многих ученых и инженеров. Во Франции прогресс радиотехники связан с именами Э. Дюкрете, выпускавшего на своем небольшом предприятии аппаратуру А. С. Попова, а также А. Блонделя, Г. Ферье, К. Тиссо и др. В Германии энтузиастами радиосвязи были А. Стаби, Г. Арко и К. Ф. Браун. В 1903 г. образовалась немецкая радиотехническая фирма «Телефункен», внесшая большой вклад в развитие радиотехнического дела. Компании «Маркони» и «Телефункен» выросли в крупнейшие, конкурирующие между собой радиотехнические предприятия Европы.

В России также возникла собственная радиопромышленность. Она развивалась на базе Кронштадтской радиомастерской (1900 г.), переведенной в 1910 г. в Петербург и преобразованной сначала в «Радиотелеграфное депо Морского ведомства» (1911 г.), а затем в Радиотелеграфный завод (1915 г.). Кроме того, в дореволюционной России в разное время существовало несколько частных радиопредприятий и филиалов зарубежных фирм.



Радиоприемный аппарат для записи на бумажную ленту телеграфных сигналов, изготовленный французской фирмой Э. Дюкрете в начале XX в.

Первые шаги техники радиосвязи характеризуются развитием искровых систем для передачи электромагнитных сигналов. Радиопередающие устройства искрового типа работали по принципу импульсного (ударного) возбуждения колебательных контуров и излучали затухающие посылки электромагнитных волн. Уже на самых ранних этапах радиотехники стало ясно, что «завоевание пространства», т. е. увеличение дальности передачи, связано прежде всего с увеличением мощности передающего устройства. Эта мысль была четко сформулирована в первом публичном сообщении изобретателя радио А. С. Попова. Инженеры быстро поняли, что решение этой задачи связано с увеличением геометрических размеров антенных систем и их подъемом над уровнем земли. Стремление делать ан-

тены большими и высокими приводило к увеличению их электрической емкости. Так как антенна являлась в то время составной частью колебательного контура передатчика, то вполне естественно, что такие передатчики работали на длинных волнах. Таким образом, в первое десятилетие развития радио произошло стихийное увеличение рабочих длин волн до нескольких тысяч метров.

В развитии искровых радиосистем очень быстро возникло своеобразное противоречие. С одной стороны, для достижения больших дальностей связи работа на длинных волнах требовала больших мощностей, с другой стороны, применение затухающих волн, получаемых в колебательных системах с ударным возбуждением, в значительной степени (пропорционально затуханию) сводило на нет меры по увеличению мощности. Мощные передатчики затухающих волн работали с очень высокими напряжениями на антеннах, достигавшими порой нескольких десятков киловольт. В таких высоковольтных антеннах возникал коронный разряд и электрический пробой, резко возрастала потеря энергии. Появились множество серьезных технических трудностей при построении антенных систем для мощных искровых передатчиков. Приблизительно к 1905—1907 гг. был достигнут практический предел увеличения мощности искровых передатчиков длинных волн, а следовательно, и предел увеличения дальности. Эти обстоятельства вынуждали техническую мысль искать способы получения и применения для нужд радиосвязи слабозатухающих или даже незатухающих электромагнитных волн.

В первые годы развития радио произошли принципиальные изменения в технике радиоприема. В 1899 г. П. Н. Рыбкин и Д. С. Троицкий, работая с аппаратурой А. С. Попова, обнаружили, что приемник способен регистрировать сигналы без периодического встряхивания когерера. При этом в качестве индикатора использовали не звонок, а телефонные трубки, на которые удавалось принимать очень слабые сигналы. Это было первым использованием явления детектирования в радиотехнике [46, с. 48]. Детектором в данном случае служил металлический порошок когерера, обладавший выпрямительными свойствами при очень малых токах.

Вскоре на смену когерерным приемникам пришли приемники с детекторами на кристаллических полупроводниках (кристаллы цинкита и галенита) и телефонной трубкой в качестве индикатора. Они работали надежнее и имели более высокую чувствительность. Телефонный детекторный радиоприемник, сменивший когерерные устройства со звуковой сигнализацией, стал самым распространенным устройством для приема радиосигналов почти до середины 20-х годов. Главным его достоинством, кроме высокой чувствительности, была возможность различать «на слух» весьма слабые телеграфные сигналы на фоне атмосферных разрядов. Совершенствование детекторных радиоприемников продолжалось почти до 30-х годов XX в., и даже выход на техническую арену электронных ламп (середина первого десятилетия) не сразу внес в эту технику существенные изменения.

Первое десятилетие развития радиоприемной техники характеризовалось прежде всего широким использованием резонансных явлений для увеличения чувствительности приемников, а по мере возрастания числа радиостанций — и для получения хорошей избирательности по частоте, т. е. способности принимать только нужную станцию. Второе на-

правление работ связано с конструированием различных типов детекторов («волноуказателей» — в терминологии того времени). Кроме кристаллических полупроводников, было использовано множество иных видов детекторов, основанных на различных физических явлениях — от магнитного гистерезиса до электролитических свойств жидкостей.

К первым годам XX в. относятся практические применения в радиотехнике незатухающих электромагнитных колебаний. Источниками таких колебаний служили дуговые генераторы и специальные электрические машины высокой частоты. Переходу на незатухающие колебания предшествовали разнообразные технические попытки улучшить качество сигналов, передаваемых устройствами искрового типа, путем уменьшения затухания генерируемых колебаний. Примером таких попыток могут служить радиопередающие устройства системы К. Брауна (1902 г.) и М. Вина (1906 г.). Однако наибольший эффект был достигнут в передатчиках с так называемой «звучащей искрой». Суть метода состояла в том, что в искровом передатчике затухающих волн прерывали искровой разряд с частотой порядка нескольких тысяч раз в секунду. В радиоприемнике работа таких передатчиков воспроизводилась, как телеграфный сигнал звукового тона [47].

В передающих устройствах незатухающих колебаний наибольшее распространение сначала получили дуговые генераторы, среди которых следует отметить хорошо известную конструкцию датского инженера В. Паульсена (1902 г.). В дуговых генераторах его системы удавалось получать довольно значительные для того времени мощности порядка сотен киловатт.

Почти одновременно с дуговыми генераторами в радиопередатчиках стали использовать и электрические машины высокой частоты. Этот тип передающих устройств незатухающих волн отличался тем, что генерировал периодические колебания почти синусоидальной формы. Мощности достигали сотен киловатт. Для радиотехнических применений строили специальные машины, способные генерировать переменные токи достаточно высоких частот (вплоть до 30—40 кГц). Большую известность приобрели машины высокой частоты американских инженеров Р. Фессендена и Э. Александерсона, немецких конструкторов Р. Гольдшмидта и Г. Арко, французского ученого Ж. Бетено. В России ряд конструкций машин высокой частоты создал В. П. Волгодиг.

Применение дуговых и электромашинных передатчиков позволило сделать значительный шаг в развитии радиотелеграфии. Мощные радиостанции длинных волн обеспечивали устойчивые радиотелеграфные связи на расстояниях в тысячи километров.

К первому десятилетию XX в. относятся начальные эксперименты по радиотелефонированию. Уже в 1902—1904 гг. были проделаны успешные попытки передать по радио звуковые сигналы методами искровой радиотехники (С. Я. Лифшиц, 1902 г., и К. Майорана, 1904 г.). С помощью дуговых и электромашинных радиопередатчиков также были проведены интересные работы по радиотелефонированию. Однако на базе существовавшей тогда радиопередающей техники нельзя было ожидать больших успехов в развитии радиотелефона. Среди многих причин, сдерживавших развитие радиотелефонирования, самая существенная состояла в том, что принципиальные и конструктивные особенности дуговых и электромашинных

передатчиков лишь с очень большими трудностями допускали управление амплитудой колебаний, необходимое для радиотелефонии. Поэтому до появления электронной лампы радиотелефония не получила широкого применения в радиотехнике, не выходя за рамки отдельных, порой принципиально очень интересных, экспериментальных работ.

Интенсивное развитие дальних радиотелеграфных связей, требовавшее тщательного изучения законов излучения и распространения радиоволн, способствовало становлению радиофизики как пограничной между физикой и радиотехникой области знания [48]. В новой области науки стали работать впоследствии известные ученые, в том числе лорд Рэлей, А. Пуанкаре, А. Зоммерфельд, Б. Ван-дер-Пооль, М. В. Шулейкин и др. За два десятилетия развития радио в области науки о распространении радиоволн был накоплен большой экспериментальный и теоретический материал, позволяющий приблизительно рассчитывать напряженность электромагнитного поля длинных волн в зависимости от мощности передатчика, расстояния и высоты антенны. Опыт и теория показывали, что сила сигнала в точке приема пропорциональна длине волны. Эти данные способствовали развитию радиосвязи на все более длинных волнах. К концу второго десятилетия длина волн некоторых передатчиков достигла 20 тыс. и даже 30 тыс. м.

Еще в начале XX в. (А. Кенселли и О. Хевисайд, 1902 г.) были высказаны предположения о наличии моноферры и ее влияния на распространение радиоволн. Более глубокие исследования этого важного феномена стали проводиться позже, после работ В. Икклза (1912 г.).

Переход к незатухающим волнам привел к определенным изменениям и в радиоприемной технике [49]. Чтобы выделить на выходе радиоприемника медленно передаваемый телеграфный сигнал с незатухающей несущей частотой (скорость передачи в то время была около 100 знаков в минуту), использовали специальные прерыватели (тикеры). Тикеры прерывали ток со звуковой частотой, и при приеме телеграфные незатухающие сигналы хорошо прослушивались в телефонах радиоприемника в виде звукового тона.

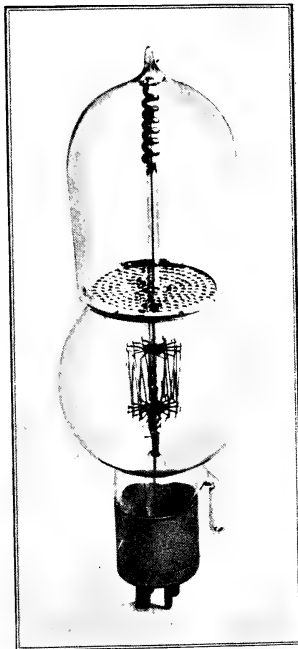
Идея преобразования сигнала по частоте с целью выделения его приемником получила развитие в методе гетеродинного приема, предложенном Р. Фессенденом в 1905 г. Суть метода состояла в том, что незатухающие высокочастотные колебания принимаемого сигнала смешивались в приемнике с периодическим сигналом от специального генератора (гетеродина). Разностная частота бинений лежала в звуковом диапазоне и могла быть услышана в телефонных наушниках. Создание гетеродинных приемников средствами доламповой техники было очень сложной задачей, и радиоприемники гетеродинного типа стали широко развиваться только после появления радиоламп.

Зарождение электронной лампы относится к периоду интенсивного развития дуговой и электроламповой радиотехники. В 1904 г. английский ученый Д. Флеминг использовал открытие Т. Эдисоном явление электрической эмиссии и создал двухэлектродную лампу — диод, который мог служить для детектирования токов высокой частоты [50]. В 1907 г. американский инженер Л. Де Форест ввел в диод третий электрод — «сетку» и создал электронную лампу нового типа — триод. Триод позволял по-

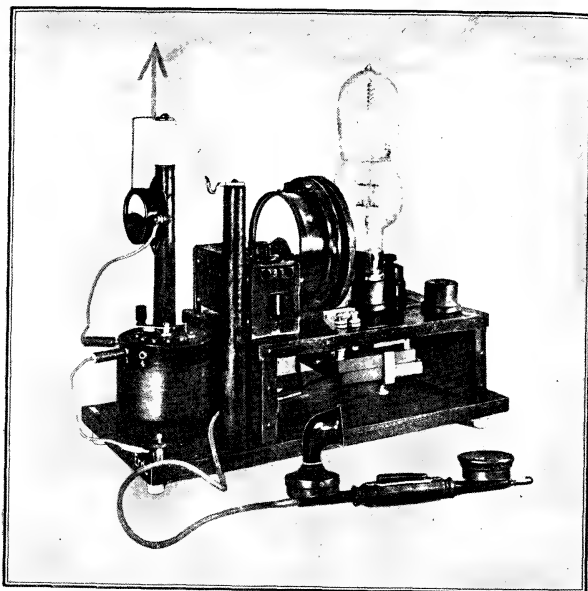
лучать усиление сигнала, т. е. управлять значительными токами в электрических цепях путем очень малых изменений потенциала на сетке. Созданный Де Форестом первый ламповый однокаскадный усилитель — «аудион» открыл новые возможности в радиотехнике. Однако совершенствование радиоламп и развитие усилительных систем шло вначале медленно, так как первые, во многом еще несовершенные лампы не могли конкурировать с уже имевшимися приборами и, в частности, с широко применявшимися для радиоприема кристаллическими детекторами, которые были проще в эксплуатации и не нуждались в электрических источниках питания. Положительные особенности электронных ламп и главным образом их способность многократно усиливать электрические токи и напряжения не сразу были оценены на практике.

Широкое внедрение ламп в радиотехнику началось в середине второго десятилетия. К этому времени немецкий инженер А. Мейсснер разработал (в 1913 г.) ламповый генератор незатухающих электрических колебаний и построил первый ламповый радиопередатчик [47]. Достоинства электронной лампы проявились в этом устройстве в значительной мере. Передатчик Мейсснера хотя и имел совсем небольшую мощность (около 10 Вт), однако позволял легко передавать не только телеграфные, но и телефонные сигналы. Для этого в цепь сетки генераторной лампы Мейсснер включал микрофон.

Электронные лампы сначала были крайне недолговечны, но интенсивные работы в этой, а также во многих смежных областях, та-

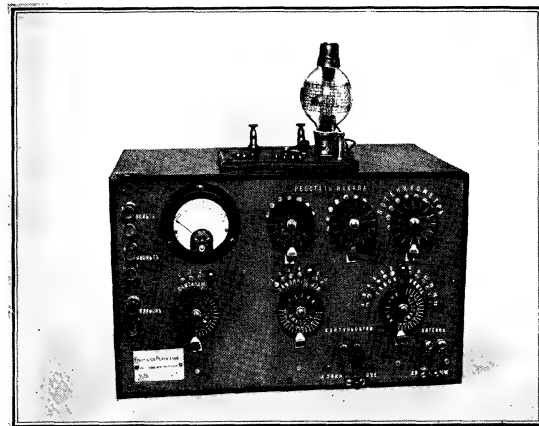


Газонаполненный триод, так называемая «лампа Либена» (Австрия, 1912 г.)



Ламповый радиотелефонный передатчик А. Мейснера (Германия, 1913 г.)

ких, как техника получения вакуума, технология металлов, стекловое дело и др., позволили быстро совершенствовать новое радиотехническое средство. В начале первой мировой войны электронная лампа стала решительно входить в радиоприемные устройства в качестве детектора (диод), а затем и усилителя радиочастот (триоды). Но в передатчиках она еще не могла конкурировать с мощными дугowymi и электромагнитными радиогенераторами этого периода. В маломощных же радиопередатчиках, главным образом экспериментального назначения, радиолампы также начинают применять приблизительно с 1913—1916 гг. Через три десятилетия после изобретения радиоэлектронные лампы настолько широко вошли в радиотехнику и существенно изменили характер ее развития, что период



Ламповый гетеродин Нижегородской радиолaborатории (Россия, 1917 г.)

их особенно интенсивного внедрения (20-е годы) впоследствии стали называть ламповой революцией в радиотехнике.

Подводя итог, можно сказать, что к началу мировой войны радиотехника сформировалась в новую, вполне сложившуюся отрасль техники, главной целью которой в то время была передача информации на расстояние. Этот этап радиотехники характеризовался весьма интенсивным развитием и дал множество изобретений и усовершенствований. Во многих странах активно велись инженерные разработки, создавались лаборатории и радиотехнические предприятия, резко усилился приток в новую область специалистов. Пополнение кадрами происходило сначала из рядов физиков и инженеров-электриков, однако во многих странах в этот период ведущие учебные технические заведения начинают готовить специалистов-радиов.

Первая мировая война заставила свернуть многие мирные разработки по радиотехнике, перевести радио на милитаристские рельсы. Интенсифицировались работы по применению радиосвязи в авиации, начались и другие прикладные работы, в частности по радиопеленгации. Для ее осуществления потребовалось освоение новых диапазонов радиоволн и создание средств направленного излучения и приема. Кроме того, война сузила радиотехническую информацию, ограничила развитие радиотехники ряда стран национальными рамками.

ТЕХНИКА ПОЛИГРАФИИ И НОВЫЕ СРЕДСТВА МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

1. РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ ПОЛИГРАФИИ

И только окончание войны позволило использовать огромные людские и материальные ресурсы, занятые в армии и флоте, для мирных целей. Большой контингент военных радиоспециалистов нашел применение в развитии гражданской радиосвязи, а несколько позже (в 20-х годах) — в радиовещании и в производстве бытовой радиоаппаратуры для этого. Не случайно поэтому именно в первые послевоенные годы зародилось и стало бурно развиваться во всех странах радиолюбительство — общественное движение, связанное с радиотехническим творчеством широкого круга людей, которые в свободное время изучали радиотехнику и строили разнообразные радиоприборы. Трудно переоценить историческое значение радиолюбительства. Характерная особенность этого оригинального технико-социального явления состояла не только в быстром распространении радиотехнических знаний, но и в том, что оно дало мировому техническому прогрессу множество новшеств, изобретений и научных идей во всех сферах радио.

В условиях зарождения и становления монополистического капитализма заметно возросла роль средств массовой информации, что предопределило и обусловило прогресс в области книгопечатания. Технические достижения в полиграфии нашли выражение в механизации печатного и наборного процессов, развитии литографии, возникновении полиграфического машиностроения как самостоятельной отрасли машино-фабричного производства.

Одним из крупнейших достижений в технике полиграфии XIX в. была первая скоропечатная машина цилиндрического типа, изобретенная еще в 1811 г. немцем Фридрихом Кенигом и его соотечественником Бауэром.

Раньше в ручном станке для печатания использовали плоские доски, вначале деревянные, а затем металлические. На плоскую доску (талер) ставили покрытую краской форму набора, к которой с помощью декеля прижимали другой доской (пианом) лист бумаги. В скоропечатной машине Кенига и Бауэра предложена принципиально иная конструкция. Лист бумаги, намотанный на цилиндр-барабан, прокатывали по укрепленной на талере форме с набором, получавшим краску от системы вращающихся валиков. Впервые возвратно-поступательное движение пиана, прижимающего бумагу к талеру, заменено вращательным движением цилиндра, механизирована подача и нанесение краски на форму. Новая скоропечатная машина позволила значительно поднять производительность печатного процесса. Если на ручном станке можно было отпечатать 100 оттисков в час, то машина Кенига и Бауэра давала свыше 800 оттисков.

Это изобретение оказало огромное влияние на развитие полиграфического машиностроения. Первый завод такого профиля был создан в 1817 г. в здании монастыря Оберцель близ Вюрцбурга в Германии. На его основе впоследствии возникла фирма «Schnellpressenfabrik König und Bauer», крупнейшее в мире объединение по производству типографских машин.

Растущий спрос на печатные издания и изобретение скоропечатной машины вызвали к жизни ускоренное развитие машинного производства бумаги. Если в конце XVIII в. технология бумажного производства оставалась на уровне времен рождения книгопечатания, то с изобретением в 1799 г. французом Луи Робертом бумагоделочной машины появилась практическая возможность увеличить производство бумаги в несколько раз. На смену тряпичной массе как главному сырью бумажной промышленности пришли вначале волокна различных растений, а с середины XIX в. в бумажную массу начали прибавлять обработанную едким натром древесину в виде сероватой массы целлюлозы. В результате полиграфическая промышленность была обеспечена необходимым количеством бумажной продукции высокого качества.

Во второй половине XIX — начале XX в. усложнились технологические процессы полиграфического производства, совершенствовались и разрабатывались новые конструкции типографского оборудования, позволившие механизировать ряд основных производственных операций.

Вносились усовершенствования и в скоропечатную машину Кенига: улучшилась ее кинематика и технология изготовления отдельных деталей и узлов. Изменилась траектория движения талера, менялся состав эластичной массы для красочных валиков, основными компонентами которой стали глицерин и желатин. Была решена проблема приводе и припривки. В первом случае обеспечивалось точное соотношение печатных полей на обеих сторонах листа и на развороте; во втором достигалось тщательное прилегание бумаги к поверхности подающего барабана. Кроме того, широко внедрялись способы автоматической подачи бумаги на цилиндр и последующий ее сьем. С использованием парового двигателя, вытесненного в дальнейшем электроприводом, качественно изменились приводы печатных машин.

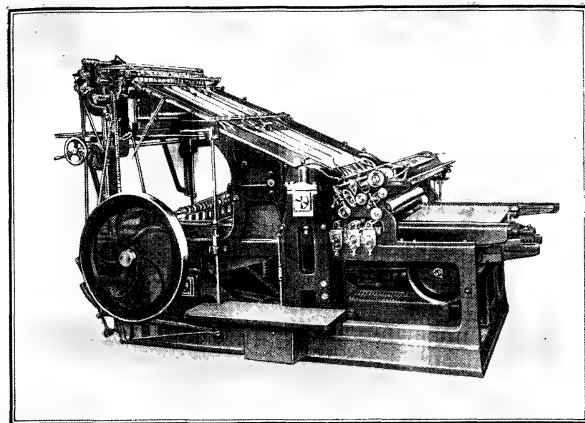
В результате значительных конструктивных изменений производительность машин Кенига выросла. Однако, как и всякий технический объект, она имела предел показателей эффективности. Необходимость остановки движения цилиндра в момент приема листа и обратного прохождения талера под ним после отпечатания не позволяла получить более 2 тыс. оттисков в час [1, с. 228].

Между тем быстро возрастающие тиражи требовали изыскания новых способов печатания. В 1863 г. изобретатель Вильям Буллока создал принципиально новую ротационную печатную машину. Машина Буллока печатала с обеих сторон на бумажной ленте, поступающей на цилиндр, который прижимал ее к другому цилиндру с расположенным на нем стереотипом. Таким образом, впервые весь технологический процесс обеспечивался вращением цилиндров, чем были устранены причины, лимитировавшие производительность машин Кенига. Уже первые образцы ротационной машины Буллока давали 15 тыс. оттисков в час; в дальнейшем значительные конструктивные изменения позволили увеличить эту цифру в два раза [4, с. 230].

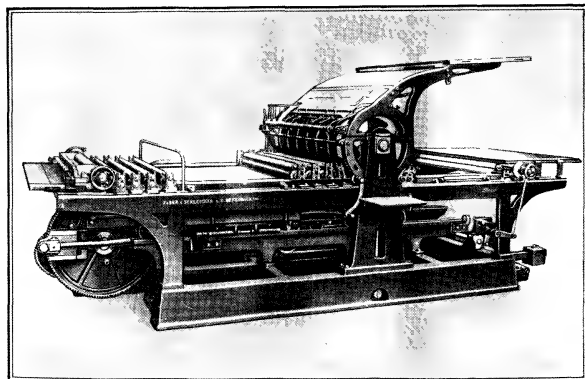
Параллельно с развитием книгопечатания совершенствовалась технология отливки литер и целых слов. Еще в 1838 г. в Нью-Йорке изобретатель Брэнс создал устройство для отливания литер, ставшее прообразом универсальной словолитной машины начала XX в., лучшие модели которой позволяли составлять в строки и полосы за один день несколько десятков тысяч печатных знаков. Дальнейшее развитие получила технология изготовления пуансонов и матриц. Были проведены систематизация и упорядочение прифтов.

Увеличение печатной продукции требовало ускорения наборного процесса. На смену ручному наборщику, набиравшему в час не более тысячи букв, т. е. 25 строк, пришли наборно-словолитные машины с клавиатурой, устроенной по принципу современной пишущей машинки.

Выдающаяся роль в развитии наборных машин принадлежит русским изобретателям. В 1866 г. механик П. П. Клягинский создал оригинальный «автомат-наборщик». И. Н. Ливчак и Д. А. Тимирязев внесли большой вклад в создание и развитие матрицевывальных машин. В 1870 г. ниже-



Быстроходная машина «Фауст» (вторая половина XIX в.)



Плоская скоропечатная машина (конец XIX в.)

нер М. И. Алисов построил первые образцы наборно-печатных машин, скорость которых составляла 80—120 знаков в минуту.

Первая наборно-словолитная машина, получившая широкое применение, сконструирована в 1886 г. в США О. Мергенталером и названа «линотип». Через два года канадцы Годжерс и Брайт создали новый образец отличной машины — «типограф». В 1892 г. построен «монолог» Ланстона, а в 1893 г. — «монолог» Скюдлера. Изобретение и быстрое распространение наборно-словолитных машин, а также разработка и создание фотонаборных конструкций позволили не только увеличить количество выходящих изданий, но и внести значительные изменения в художественное оформление книги.

На смену трудоемкой и дорогостоящей гравюре на меди пришла литография, открытая Алоизом Зенегельдером. При литографической печати оттиски получали переносом краски под давлением с нерельефной поверхности непосредственно на бумагу. Новый способ как разновидность плоской печати определялся положением печатных элементов в одной плоскости со всей поверхностью печатной формы.

Литографический способ печати, более простой и дешевый, быстро монополизировал печатное производство. Наибольшее распространение получила художественная литография.

Интенсификация и значительное расширение печатного производства вызвали во второй половине XIX в. появление новых, более совершенных образцов полиграфического машиностроения. Создавались специализированные объединения по производству печатного оборудования. Крупнейшими из них были: в Германии «Schnellpressenfabrik Heidelberg» (1850 г.), «Faber und Schleicher» (1871 г.), в Италии — «Nebiolo» (1852 г.), в США — «Goss» (1885 г.), «Miles» (1890 г.) [2, с. 196].

В России наряду с ввозимым из-за рубежа оборудованием в 80—90-е годы XIX в. развивалось свое полиграфическое машиностроение. Первоначально производство печатных машин и станков было сосредоточено на Ижевском заводе и Александровской мануфактуре. В дальнейшем их стал изготавливать Петербургский завод И. Гольдберга, который к началу XX в. выпустил более 300 плоскостанков машин [3, с. 534]. В 1897 г. в России впервые была изобретена и построена машина для печатания ценных бумаг, сконструированная техником И. И. Орловым [4, с. 308]. Изображение с печатной формы передавалось вначале на эластичные валики, а затем на сборную форму, с которой и делался оттиск. Эта четырехкрасочная однокрасочная машина была прототипом немецкой конструкции «Ирис» и американской системы «Котрель», появившихся значительно позже.

Наиболее характерной чертой прогресса в области полиграфического машиностроения было создание новых моделей печатных станков со значительно улучшенными техническими характеристиками. Параллельно с этим совершенствовались наборно-словолитные и фотонаборные машины. Были разработаны новые ротационные образцы, печатавшие с углубленных форм по способу «тифдрук» или «ротационное меццотинто» и с плоских форм по способу «офсет».

Дальнейшее развитие получила технология иллюстрирования печатных изданий. Возникли новые фотомеханические способы фототипии и альбегротипии, распространились медные и цинковые клише. Наряду с литографским камнем появились хромотипография и олеография.

Быстро развились новые виды печати: ксилография, линогравюра, цинкография, ракеальный тифдрук, трафаретная и глубокая печать. Наряду с крупными полиграфическими машинами появились значительное количество специальных моделей для печатания карточек, бланков, обложек, различной специальной документации. Совершенствовались изготовление текстовой и иллюстративной печатных форм, еще более ушлись отдельные производственные процессы: брошюрование, переплет, тиснение.

Прочно вошла в жизнь печатная машинка, первая модель которой была изготовлена в 1867 г. в США К. Шолсом. Ее развитие обеспечило оперативное распространение служебной и производственной документации.

Интенсивное развитие полиграфической промышленности в странах Европы и в США было продиктовано все возрастающим ростом печатной продукции. Это относится к книжным тиражам и к периодической печати. В начале XX в. лишь в США ежедневный тираж газет значительно превышал 10 млн. экземпляров [1, с. 277].

К началу первой мировой войны вся издательская деятельность была монополизирована мощными корпорациями и трестами. Не выдерживая конкуренции, мелкие предприниматели или объединялись в ассоциации или, чаще всего, разорялись. Возникли крупнейшие издательские концерны: в Германии «Scherl» и «Mosse», в Англии «Nordklist» и «Beavenbruck», в США «Herst».

Обретая огромную практическую силу, эти концерны активно воздействовали на руководящий государственный аппарат и проводимую им внутреннюю и внешнюю политику. В их руках было сосредоточено все полиграфическое оборудование, подготовка, выпуск и распространение печати.

Информация для периодической печати поступала от специальных телеграфных агентств. Крупнейшими из них были агентства: в Англии — Рейтера, в Германии Вольфа, в Италии — Стефани, в США — «Associated Press», во Франции — Гаваса. Помимо получаемых от агентств материалов, большое количество политической, культурной, спортивной, хроникальной информация поступала в печать от собственных корреспондентов газет, аккредитованных в различных странах мира. Наиболее представительными газетами были: «Petit Parisien», «Figaro», «Times», «Daily Mail», «New-York Herald». В 1913 г. тираж крупнейшей газеты мира «Petit Parisien» составил 1 636 485 экземпляров [5].

Интенсивное развитие книгоиздательства в начале XX в. характерно для многих стран. Так, в одной Германии ежегодно выходило не менее 31 тыс. книг [6, с. 7]. Книги не только насыщали внутренний рынок, но и шли на экспорт, составляя значительный процент во внешнеторговом балансе стран с сильно развитой полиграфической промышленностью. Крупнейшими книгоиздательскими центрами были Берлин, Лейпциг, Дрезден, Париж, Оксфорд, Кембридж. Серьезные изменения претерпела полиграфическая промышленность в России.

Технические достижения полиграфической индустрии в России были теснейшим образом связаны с развитием и утверждением капиталистического способа производства. Создавались крупные полиграфические капиталистические предприятия с большим числом рабочих. Начался отток крестьян в город.

Крестьяне бросали свои земледельческие угодья и отхожие промыслы, уходили с насиженных мест в город с надеждой на крупные заработки. Пороформенная Россия менялась. Город с крупными предприятиями, в том числе и полиграфическими, «проглатывал» земледельцев с их полнейшей неприиспособленностью к новым условиям жизни. По анкете 1907 г. из 4982 московских печатников только 37,6 % не имели связи с деревней; 46 % имели земледельческое хозяйство [7, с. 39]. Таким образом, почти половина рабочих, занятых в печатном производстве, еще вчера были крестьянами. Городская жизнь даже в чисто материальном плане не могла компенсировать того, с чем они порвали, от чего упали. 20—22 копейки получал наборщик за 1000 букв в Москве и Петербурге. А в провинции и того меньше. Эти цены держались с восьмидесятых годов прошлого века до начала первой мировой войны [1, с. 412].

В. И. Ленин писал: «Патриархальная деревня, которая только освободилась от крепостного права, отдана была буквально на поток и разграбление капиталу и фиску. Старые устои крестьянского хозяйства и крестьянской жизни, устои, действительно, державшиеся в течение веков, пошли на слом с необыкновенной быстротой»¹.

В 1913 г. общее число полиграфических предприятий России составляло 2668, а число занятых на них рабочих превышало 100 тыс. человек [8, с. 33]. Наряду с крупнейшими издательствами Петербурга и Москвы существовало значительное число более мелких типографий, уровень работ которых зачастую не уступал столичным предприятиям. По статистике 1884—1885 гг. книги и брошюры издавались в 128 губерниях и уездных городах России [9, с. 246]. Выпуск литературы был сосредоточен в руках крупнейших книгоиздателей, акционерных обществ, университетских типографий в крупных городах страны. Далеко за пределами России были известны издательства И. Д. Сытина, А. Ф. Маркса, А. С. Суворина, М. О. Вольфа, П. П. Сойкина, К. Т. Солдатенкова, Ф. Ф. Павленкова, Л. Ф. Пантелеева. Тематический диапазон издаваемых ими книг охватывал все сферы художественной литературы, исторической, религиозной, философской и общественно-политической мысли, технических и научно-естественных знаний.

Не меньшее развитие получила русская периодика. С начала XIX в. по 1916 г. в 38 городах России вышло почти 11 тыс. периодических изданий [10, с. 269—274].

Наряду с художественной и общеполитической литературой в России выходила научная и техническая периодика, которая охватывала многие области знания, в том числе авиацию и воздухоплавание (32 периодических издания), железнодорожный транспорт (31), электротехнику (23), полиграфическую промышленность (10) [10, с. 260, 261, 265, 268].

Заканчивая обзор состояния издательского дела в России, приведем еще некоторые данные. В 1914 г. в России насчитывалось 243 предприятия бумажной промышленности, из них 128 бумажных фабрик, 21 картонная фабрика и 61 целлюлозный завод (здесь не учтены данные по Финляндии) [1, с. 416]. До 1913 г. на этих предприятиях было произведено 187 тыс. т бумаги и 20 тыс. т картона. В 1913 г. в России выпускалось 859 газет и

было издано 26 174 названия книг, общий тираж которых составил 86,7 млн. экземпляров [8, с. 33].

Развитие полиграфии в значительной степени содействовало преодолению разобщенности народов земного шара. К концу XIX в. печать стала главным источником межгосударственной информации.

Исходя из марксистско-ленинского учения о классовой структуре общества, можно сказать, что общественное начало всякой печати имеет классовую обусловленность и направленность.

Большую роль сыграла печать в распространении в широких народных массах революционных марксистско-ленинских идей.

В. И. Ленин писал: «Роль газеты не ограничивается, однако, одним распространением идей, одним политическим воспитанием и привлечением политических союзников. Газета — не только коллективный пропагандист и коллективный агитатор, но также и коллективный организатор»². Из этого определения становятся ясными те функции, которые несли в себе революционная печать. Свойственные различным общественно-политическим формированиям противоречия между ортодоксальными идеологическими догмами и развивающимся свободомыслием всегда находили отражение в печати. Русские революционные и прогрессивные зарубежные издания сыграли исключительную роль в распространении идей научного коммунизма в конце XIX — начале XX в.

2. ИЗОБРЕТЕНИЕ КИНЕМАТОГРАФА

Возникновению кинематографа предшествовало развитие средств для проекции изображений.

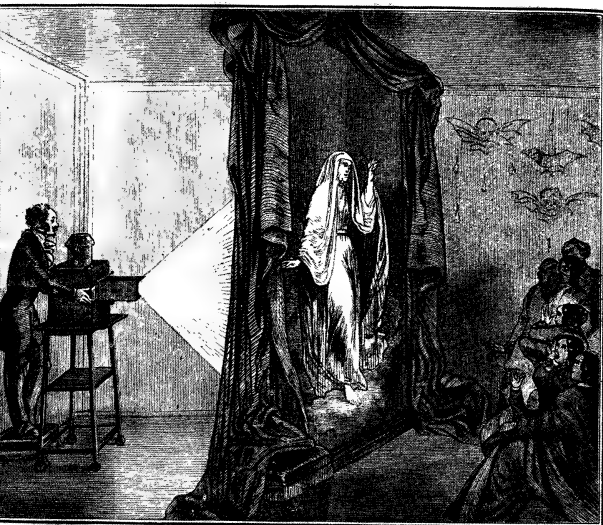
Теневая проекция была широко известна еще в античном мире. Во II в. до н. э. она появилась в Китае и с тех пор под названием театра китайских теней получила широкое распространение в Азии и Африке. Много веков насыщает и история проекции с применением камеры-обскуры. Первые сведения об этом способе проекции относятся ко второму тысячелетию до н. э., когда его использовали египетские жрецы. Камерой-обскурой при этом служило затемненное святилище храма. Устройство камеры-обскуры и ее элементов было раскрыто благодаря работам Ибн Сины. В Западной Европе секрет проекции с помощью камеры-обскуры стал известен в конце XII в. Этот способ в XIII в. описал и осуществил на практике английский философ и естествоиспытатель Р. Бэкон. С тех пор световую проекцию стали применять в Западной Европе в основном для религиозных целей.

Проекция посредством камеры-обскуры была описана в XV и XVI вв. Леонардо да Винчи и итальянским физиком Порты. В вышедшей в XVII в. книге неузита А. Кирхера дано несколько технических описаний проекционного фонаря. В Россию световая проекция проникла в XVI в., где она первоначально также использовалась в религиозно-мистических целях.

В 1797 г. французский физик Э. Робертсон запатентовал в Париже свое проекционное устройство и использовал его для платных мистических

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 17, с. 210.

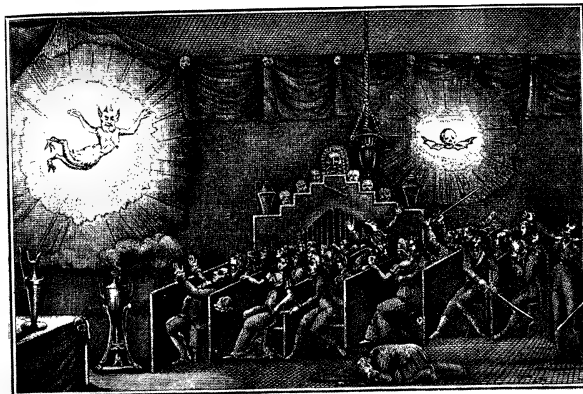
² Там же, т. 5, с. 11.



Фонарь Робертсона, проектирующий изображение на экран (Париж, конец XVIII в.)

фантазмагорических представлений. Этот волшебный фонарь оказал большую услугу жителям Парижа во время осады города. С его помощью оказалось возможным поддерживать связь города с провинциями через «железный пояс», окружавший тогда столицу. Корреспонденцию доставляли голуби, возвращавшиеся в Париж. Таким образом, в город передавали содержание писем, депеш и даже целых газетных листов, перенесенных на малый формат фотоаппаратами. В Париже эти микрооптические корреспонденции проектировали с помощью волшебного фонаря на стену, с которой их и перепечатывали.

В 1831—1833 гг. Робертсон описал в своих мемуарах различные виды проекционных устройств. Тогда же вышли в свет монографии физиков: англичанина Д. Брюстера, француза Э. Сальверта и русского М. С. Хитинского, содержавшие описание различных устройств световой проекции. С этого времени системы световой проекции начинают совершенствоваться и применяться для разных целей, хотя принципиальные схемы не претерпевают существенных изменений.

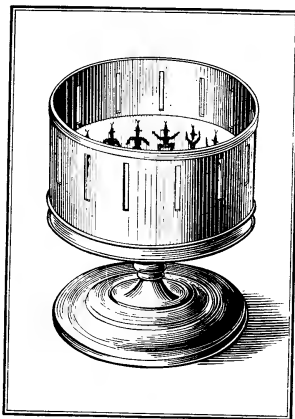


Фантазмагория, осуществляемая с помощью проекционного фонаря Робертсона

Появлению кинематографа способствовало также создание фотографической камеры и фотозульсип. Сама идея разложения движения на последовательные фазы с целью последующего синтеза движущегося изображения принадлежит Нитеру Роджеру.

В 1833 г. Горнер изобрел прибор, названный им зоотропом. Этот прибор состоял из барабана со щелями, вырезанными параллельно оси. Внутри барабана ниже щелей находилась бумажная полоса с изображениями последовательных фаз какого-либо движения. Если барабан быстро вращали в одном направлении, а полосу с изображениями — в противоположном, и смотрели через щели, то получалось впечатление движущихся фигур. Прибор создавал иллюзию движения на основе инерционности зрительного впечатления, воспринимаемого человеческим глазом. В первое время рисунки для зоотропа делали от руки, а в 70-х годах такой эффект с еще большим совершенством получался при использовании вместо рисунков фотографических снимков. Наиболее интересными были опыты по созданию впечатления движущихся фигур, проведенные Э. Ж. Мареем во Франции и Э. Мюйбриджем в США. Мюйбридж расположил несколько фотоаппаратов вдоль беговой дорожки ипподрома и получил ряд последовательных фотографий бегущей галопом лошади. При помощи такой системы фотокамер впервые удалось расчлнить на последовательные фазы истинное движение быстро движущегося объекта [11, с. 134—135].

Предшественником кинематографа был также хронофотографический аппарат, позволявший вести съемку с частотой 15—20 снимков в секунду.



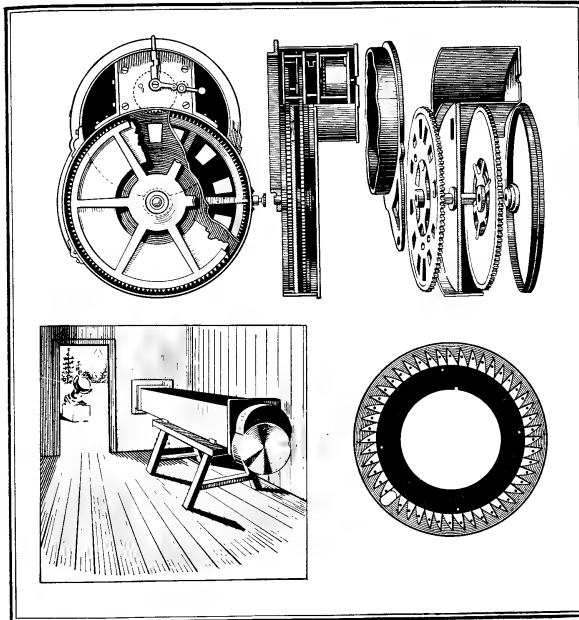
Зоотроп Горнера (1833 г.)

Первым аппаратом такого типа был «фотографический револьвер» французского астронома Ж. Жансена (1874 г.), на котором в течение 72 с получали 48 снимков. В 80-х годах XIX в. были изобретены различные хронофотографические аппараты, снимающие с частотой от 10 до 20 снимков в секунду первоначально на вращающуюся или неподвижную стеклянную пластинку, а затем на бумажную ленту и целлулоидную пленку.

Это все была предистория кинематографа. Подлинное же начало кинематографии положили Т. А. Эдисон и братья Люмьер. Первые опыты Т. А. Эдисона в этой области относятся к 1887 г. После нескольких месяцев работы Эдисон 8 октября 1888 г. представил в Патентное бюро предварительную заявку на аппарат, действие которого было описано следующим образом: «Я произвожу опыты с аппаратом, который будет для глаза тем, чем для уха является фонограф; этот аппарат фиксирует и воспроизводит предметы в движении и при этом в такой форме, которая является одновременно дешевой практичной и удобной. Этот аппарат я называю кинетоскопом, т. е. движущимися видами» [11, с. 136].

Особенность примененной Эдисоном методики заключалась в моментальной фотосъемке последовательной серии изображений на непрерывную спиральную полосу, находящуюся на цилиндре (валике) или на плоском диске (пластинке); этот процесс был аналогичен изобретенному им способу звукозаписи посредством фонографа. Размеры кадров были очень малы, и просматривать отснятый материал можно было лишь при сильном оптическом увеличении. Вращение цилиндра было не непрерывным, а шаговым. Однако удовлетворительных результатов при таком способе получить не было. Тогда Эдисон принял решение увеличить размеры кадров, а в качестве основы для фотографической эмульсии выбрал ленту из прозрачного гибкого материала.

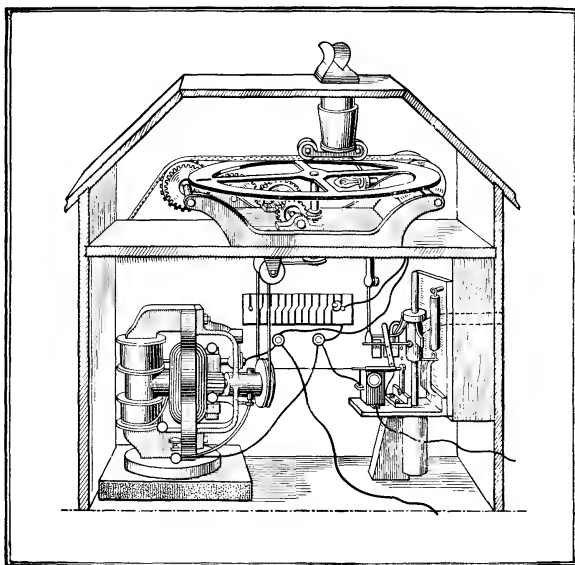
В 1889 г. Эдисон испытал листы целлулоида, покрытые фотоземлемой, и увидел, что из такого материала в виде гибкой полосы длиной около 15 дюймов можно изготовить обложку на цилиндр фотографа и получить гораздо большее число снимков размером $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ дюйма. В конце 1889 г. изобретатель начинает применять целлулоидную пленку для кинетоскопа. При использовании ленты для съемок нужно было добиться, чтобы затвор попеременно открывался и закрывался. Тогда получались отдельные кадры, не сливающиеся между собой. Эдисон и его помощник У. Диксон



«Фотографический револьвер» Ж. Жансена (1874 г.)

изготовили узкую целлулоидную ленту, склеив ее из нескольких отдельных частей, и предусмотрели дальнейшее увеличение размера кадра до $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ дюйма. Так началось применение фотопленки в кинематографии.

Американец Д. Истмен усовершенствовал пленку, сделав ее очень легкой, гибкой и прозрачной. Он стал применять ее в изобретенных им портативных фотоаппаратах «Кодак». Такая пленка легко наматывалась на катушку, что позволило уменьшить габариты съемочного устройства на проекционного аппарата. Эдисон получил от Истмена такой сорт пленки в виде ленты длиной 50 футов (около 16 м). Опыты вступили в новую фазу. Был спроектирован такой механизм подачи ленты, что можно было варь-



Внутренний вид и детали механизма кинетоскопа Т. А. Эдисона (конец XIX в.)

ровать скорость и обеспечить получение заранее намеченного числа кадров в секунду. Для подачи и перемотки у одного края ленты делали перфорацию; лента перемещалась так, что в момент ее остановки вращающаяся диафрагма также поворачивалась на один шаг. Первая публичная демонстрация кинетоскопа Эдисона состоялась в октябре 1889 г. [11, с. 137—139].

Кинетоскоп занимал совершенно особое место среди уже имевшихся приборов для наблюдения движущихся изображений: он был ленточным киноаппаратом. Это направление и стало наиболее интенсивно развиваться после Эдисона и является основным в современной кинематографии.

В 1889 г., во время поездки Эдисона на Парижскую выставку сотрудники его лаборатории под руководством Диксона построили кинопроектор, который был синхронизирован с фонографом, что позволяло демонстрировать звуковые фильмы. Показ «озвученного фильма» подтвердил устойчивость изображения и синхронность его со звуком.

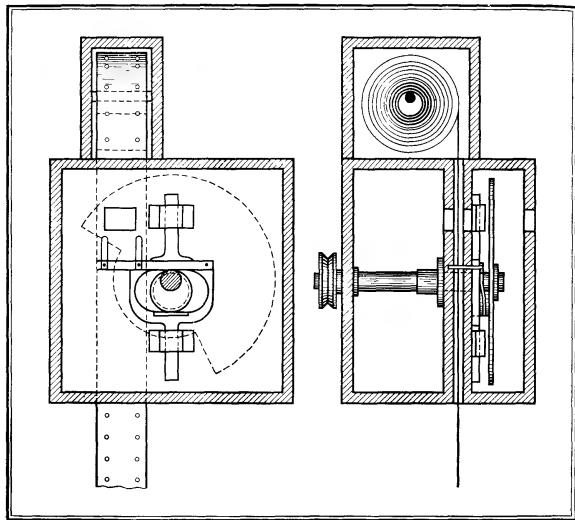
В 1890 г. Т. А. Эдисон и его сотрудники построили усовершенствованную киномемочную камеру для озвученных картин с размерами кадра $0,75 \times 1$ дюйм на ленте шириной 1,375 дюйма для обеспечения хорошей перфорации. Эта ширина пленки (35 мм) закрепилась в практике и стала стандартной. Эдисон запатентовал свои изобретения в области кино только в конце июля 1891 г.

Долгое время о кинетоскопе Эдисона ходили лишь неясные слухи; газеты публиковали случайные и не всегда верные сведения. Но разработка этого прибора настолько продвинулась вперед, что можно было начать постоянные съемки и организовать коммерческий показ изобретения. В 1893 г. Эдисон построил первый павильон для киносъемок — студию, которую сотрудники называли «Черная Мария» («Black Maria»). В этой студии в 1893—1894 гг. проводили киносъемки танцовщиц, акробатов, жонглеров, дрессированных животных и т. д. В 1894 г. в США на основе изобретения Эдисона организована «Kinetoscope Company», занимавшаяся коммерческой стороной дела. В разных местах были устроены «залы кинетоскопа» («Kinetoscope parlors»); первый из них был открыт 14 апреля 1894 г. в Нью-Йорке на Бродвее. Все эти кинетоскопы, рассчитанные на индивидуальный просмотр, имели монетные автоматы.

Появилась необходимость разнообразить содержание картин и не ограничиваться только полуминутным просмотром ленты. Тогда начали показ в кинетоскопе фильмов из «нескольких частей». Летом 1894 г. в студии «Черная Мария» было снято состязание боксеров Лионарда и Кутинга, занявшее более 350 м. пленки. Фильм был выпущен в четырех частях, каждая в отдельном кинетоскопе. У дверей салона на Бродвее собирались такие толпы народа, что нередко требовалось вмешательство полицейских. Кинетоскоп становился весьма популярным.

На показ фильма о состязании боксеров компания «Kinetoscope Company» выдала лицензию братьям Латам. Им пришла идея изменить способ показа: вместо отдельных ящиков для одного зрителя создать экран для демонстрации большой аудитории сразу. Эдисон в своих патентах не предусматривал проектирования на экран; он был сторонником отдельных аппаратов с монетными автоматами. Кроме того, Эдисон не брал зарубежных патентов на кинетоскоп; это создавало благоприятные условия для конкуренции, так как за границей могли производить киноаппаратуру и даже ввозить ее в США. Кроме того, это давало возможность в зарубежных странах вносить некоторые усовершенствования и брать патенты. Не получив согласия Эдисона на создание кинопроектора, братья Латам и их отец, профессор химии, втайне занялись построением такого аппарата и разработкой проблемы кинопроекции на экран. Но за границей этим можно было заниматься открыто, и там другие изобретатели начали вести многочисленные работы по созданию кинопроектора и экранов. Во Франции и Англии появилась хорошая киноаппаратура. В начале 1895 г. братья Люмьер впервые осуществили проекцию на экране снятых ими же кинокартин. Это и было рождением кинематографа [11].

В том же году У. Латам создал аппарат «паноптикон», который дополнил кинетоскоп Эдисона устройством для проектирования на экран, но в этом аппарате отсутствовал скачковый механизм для прерывистого движения киноленты. В 1896 г. американец Т. Армат построил большой кинопроекторный аппарат «витаскоп». Эдисон стал готовиться



Кинематограф Огюста и Луи Люмьеров (1895 г.)

открытию кинотеатра [с аппаратом Армата и экраном размерами 4×7 м.

7 февраля 1912 г. Эдисон демонстрировал в Нью-Йорке кинетофон, т. е. аппарат, сочетающий в себе киноаппарат и фонограф.

Русские ученые и изобретатели также внесли существенный вклад в развитие кинематографа. В 1878—1881 гг. русский фотограф И. В. Болдырев изобрел гибкую светочувствительную негорючую пленку, обеспечившую безопасный показ фильма при его проекции. Различные конструкции кинетоскопа были предложены русскими изобретателями И. А. Тимченко и М. Ф. Фрейденбергом (1893 г.). Устройство для прерывистого передвижения пленки — скачковый механизм типа «улитки» — было изобретено русским механиком И. А. Тимченко в 1893 г. Аппарат, в котором сочетались все основные элементы кинематографа, был изобретен также в России А. Самарским и И. Акимовым в 1896 г. [12].

Вслед за работами Эдисона последовали изобретения проекторов (Ж. А. Лерой, США, 1894 г.; У. Латам, США, 1895 г.; Ф. У. Поул, Англия,

1895 г.). К 1896 г. все составные части кинематографа были изобретены. Братья Огюст и Луи Люмьер при непосредственном участии конструктора-электротехника Ж. Карпана в 1895 г. создали первый технически удовлетворительный кинестеоскопический аппарат. Придавая большое значение трудам братьев Люмьер, нельзя тем не менее признать их единственными изобретателями кинематографа. Кинематограф является одним из тех комплексных изобретений, которое можно назвать интернациональным [11].

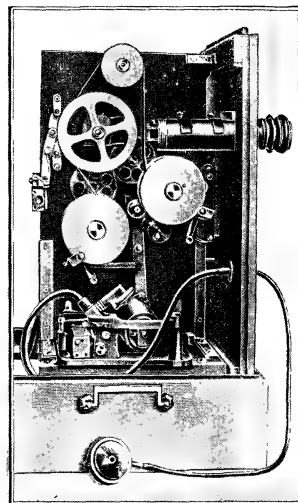
Полностью революционные изменения в кинематограф изобретение принципиально нового способа озвучивания фильма — оптической звукозаписи. Главным преимуществом этого способа озвучивания фильма является то, что звуковая дорожка («фонограмма») наносится непосредственно на киноленту, что создает полную синхронизацию воспроизведения звука и фильма.

Этот способ звукозаписи возник на основе работ русских изобретателей А. Ф. Вискеского (1889 г.), П. Полякова (1900 г.), немецкого изобретателя Э. Руммера (1901 г.) и др. Звукоснимателем при оптической записи звука служит кинолента, на светочувствительный слой которой воздействует пульсирующий световой штрих, получаемый в результате модуляции света. При звуковоспроизведении записанный на пленке фонограмма продвигается равномерно между источником постоянного света с оптикой и фотоэлементом. При этом количество света, падающего на фотоэлемент, изменяется в соответствии с записанными на пленке звуковыми колебаниями, и в цепи фотоэлемента возникают переменные токи, соответствующие записанным звукам.

Этот способ озвучивания фильма применяют в кинематографии и по сей день.

Само слово «кинематограф» вскоре после изобретения киноаппарата стали применять и к новому виду зрелища.

Высокая коммерческая и пропагандистская эффективность кинематографа привлекала к нему внимание крупного капитала. В результате этого кинопредприятия, вначале принадлежавшие отдельным капиталистам,



Кинопроекторный аппарат (начало XX в.)

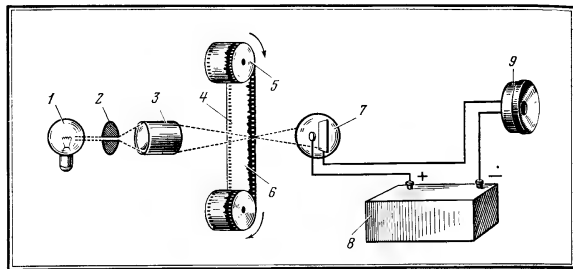


Схема воспроизведения звука оптической фонограммы

1 — источник света; 2 — механическая щель; 3 — объектив; 4 — световые штрихи; 5 — кинолента; 6 — движущаяся фонограмма; 7 — фотэлемент; 8 — электрическая батарея; 9 — телефонная трубка

постепенно стали переходить в собственность крупных монополистических объединений.

Во Франции первое место в кинематографической промышленности заняла фирма Ш. Пате, финансовое и техническое влияние которой вышло далеко за пределы Франции. «До 1914 г. — вспоминал впоследствии Ш. Пате, — кино было единственной промышленностью мирового значения, в которой занимающая первое место фирма была французской. За исключением военной индустрии, я не знаю ни одной отрасли французской промышленности, которая бы развивалась с такой быстротой, как наша». Большой известностью пользовались также фирмы «Homon» (Франция), «Chinese» и «Ambrosio» (Италия), «Nordish films C» (Дания), «Moshi Pictures Patent C» (США) и другие. В результате острой борьбы мелких кинопредпринимателей за независимость от монополий компании Эдисона в пригороде Лос-Анджелеса в начале XX в. возникла крупнейшая в мире киноиндустрия «Голливуд».

Сравнительная дешевизна кинозрелищ и рост сети кинотеатров вскоре выдвинули кино на первое место среди всех общедоступных развлечений. Положительное значение кинематографа в рассматриваемый период исчерпывалось производством фильмов информационного характера. Роль кино в культурном и просветительном отношении в ряде случаев была скорее отрицательной. Предприниматели, владевшие кинопроизводством, подчиняли кино прежде всего коммерческим целям, что неизбежно приводило к обеднению содержания фильмов, проявлению в них вульгарных вкусов.

В 1907 г. В. И. Ленин, определяя общественное значение нового изобретения, указывал, что до тех пор, пока кино находится в руках пошлых спекулянтов, оно приносит больше зла, чем пользы. В руках же дея-

телей социалистической культуры кино стало одним из могущественнейших средств просвещения масс. Декретом Совета Народных Комиссаров от 27 августа 1919 г. о переходе советской фотографической и кинематографической промышленности в ведение Народного комиссариата просвещения, подписанным В. И. Лениным, было ликвидировано частновладельческое фильмопроизводство в СССР. Впервые кинематография была поставлена на службу народу.

3. У ИСТОКОВ ЗВУКОЗАПИСИ

Идея создания устройства, позволяющего записывать и воспроизводить звук, привлекала интерес многих ученых и изобретателей.

В 1770 г. Российской академией наук был объявлен специальный конкурс, целью которого было поощрение создания аппарата для воспроизведения звука человеческой речи. Премию получил Христиан Кратценштейн, построивший аппарат, включающий в себя набор органичных труб с различными насадками. Впоследствии была создана целая серия «говорящих машин» («аутофонов»).

Первое устройство, позволяющее записывать звук, было создано в 1857 г. Леоном Скоттом. Однако его «фоноавтограф» предназначался для регистрации звуков с целью изучения форм их колебаний, а не для их воспроизведения, поэтому звуки записывали иголкой на поверхности вращающегося цилиндра, покрытой однородным слоем сажи. В этом слое игла, связанная с диафрагмой, прочерчивала линии, по форме соответствующие воздействующим на диафрагму звуковым колебаниям.

Впоследствии фоноавтограф был усовершенствован Кенигом, который придал рупору форму параболоида. Такое изменение формы звуковоспринимающей части прибора обеспечивало эффективную запись звуков от различных тел. Наряду с записью шумов и звуков музыкальных инструментов Скотт пытался в отдельных случаях записывать человеческую речь [13].

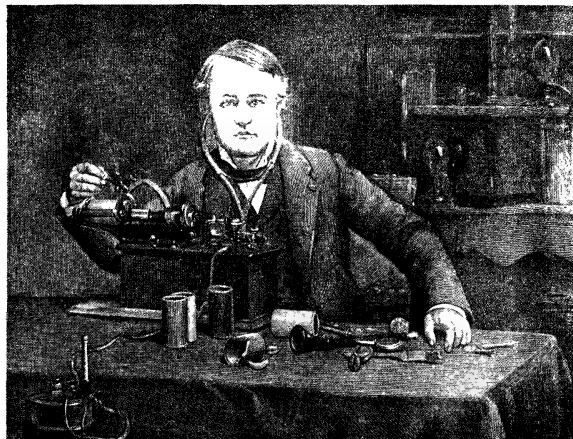
Главной особенностью описанных приборов, относящихся к этапу предшести звукозаписи, было то, что сделанная ими запись звуков могла быть пригодна лишь для ее анализа, но не для воспроизведения.

Принцип обратимости звукозаписи, на котором базировалось все дальнейшее развитие этой отрасли техники, впервые сформулировал Шарль Кро в своем письме Французской академии наук 30 апреля 1877 г. Кро ясно обосновал принцип записи звука на цилиндр (валик) и на диск для последующего воспроизведения, однако не сделал никаких шагов для практической реализации своих идей.

Первый практически пригодный звукозаписывающий аппарат был построен Т. А. Эдисоном в 1877 г., тогда он получил английский патент на это изобретение. Эдисон собственноручно набросал эскиз своего первого звукозаписывающего аппарата. В другом английском патенте Эдисона, заявленном в апреле 1878 г., этот прибор был впервые назван фонографом.

Эдисон не ставил перед собой специальной задачи построить говорящий аппарат. Он пришел к этой идее в результате наблюдений, сделанных при работе в области проводной связи [11].

Первый фонограф был очень несовершенным прибором: качество звуко-воспроизведения было весьма низким, громкость мала, а материал звуко-



Томас Алва Эдисон (1847—1931 гг.)

носителя (фольги) не обеспечивал устойчивости записи, в результате чего уже через несколько повторных воспроизведений звук становился совершенно неразборчивым. Тем не менее изобретением фонографа была решена задача записи и воспроизведения звука.

Эдисон постоянно думал об усовершенствовании своего фонографа. В 1878 г. он организует специальную фирму по производству фонографов «Edison Speaking Phonograph Company» и в том же году устраивает выставку этих аппаратов.

В целях популяризации фонографа Т. А. Эдисон опубликовал в мае и июне 1878 г. статью в «North American Review», содержащую перечень возможных применений этого прибора:

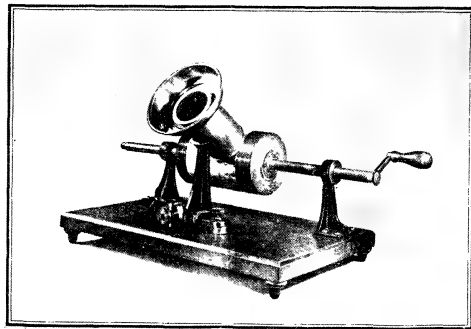
- 1) диктовка писем без применения стенографии;
- 2) издание фонографических «книг» для лиц, потерявших зрение или слепых от рождения;
- 3) изучение ораторского искусства;
- 4) воспроизведение музыки;
- 5) запись семейных выступлений, воспоминаний, голосов родных и т. п.;
- 6) изготовление музыкальных шкатулок и игрушек;
- 7) говорящие часы, подающие членораздельные словесные сигналы;

- 8) правильная передача фонетики иностранных языков;
- 9) для педагогических целей: повторение объяснений учителя и т. п.;
- 10) сочетание с телефоном — для записи передачи при отсутствии вынужденного абонента, для регистрации и других задач связи [11].

Т. А. Эдисон рассчитывал на большое будущее своего изобретения и действительно работал над его усовершенствованием. В том же 1878 г. изобретатель улучшил мембрану. Пишущее острие было укреплено на особой пружине, которая демпфировалась двумя сжатыми каучуковыми трубками. Этим устранялось вредное влияние бокового усилия, действующего на острие при вращении валика.

В 1879 г. Ламбриго впервые применил воск для изготовления валиков фонографа. В том же году Делешно предложил применять резание вместо вдавливания звуковой канавки, что имело большое принципиальное значение.

Первое описание фонографа в России появилось в газете «Северный вестник», № 33 за 1878 г., а более подробное — в февральском и июньском номерах еженежного научно-популярного журнала «Свет» за 1878 г. Первая демонстрация этого прибора состоялась в 1879 г. в Москве, в Музее прикладных знаний (ныне Политехническом музее) в присутствии А. Г. Столетова, И. Ф. Усатина и некоторых других ученых. Фонограф воспроизвел приветствие Томаса Эдисона к жителям Москвы. В дальнейшем фонограф начали применять и для научных целей. Знаменитый русский путешественник Н. Н. Миклухо-Маклай использовал его для записи речи туземцев во время своего пребывания на Новой Гвинее. Л. Н. Толстой и А. П. Чехов неоднократно пользовались фонографом для записи отдельных отрывков из своих произведений. Некоторые из этих записей сохранились до наших дней [13, с. 189].



Фонограф Т. А. Эдисона (США, 1877 г.)

В мае 1886 г. А. Г. Белли и Ч. С. Тейнтер получили патент на графофон. Для вращения цилиндра с постоянной скоростью они приспособили электродвигатель, что, естественно, было гораздо целесообразнее, чем вращение от руки в фонографе Эдисона. Оба эти изобретателя полностью признавали за Эдисоном приоритет изобретения говорящей машины, а свою работу рассматривали как усовершенствование фонографа и развитие идей Эдисона.

В конце XIX в. после появления кинематографа Эдисон использовал фонограф для звукового сопровождения при демонстрации кинофильмов [14]. Несмотря на относительно широкое распространение фонографа, продолжались попытки других конструктивных решений, которые могли бы привести к созданию более совершенных звукозаписывающих аппаратов, свободных от присущих даже усовершенствованному фонографу недостатков, резко ограничивающих сферу его применения.

8 сентября 1888 г. в американском техническом журнале «Electrical Worlds» была опубликована статья инженера Оберлина Смита о звукозаписи. В статье после нескольких предложений по усовершенствованию фонографа Эдисона излагался принцип магнитной записи звука, но Смит не пытался практически реализовать свою идею.

Сделал это через десять лет датский физик Вольдемар Паульсен. В 1898 г. он показал коллегам аппарат, названный «телеграфоном» — первое в мире звукозаписывающее устройство, работавшее на магнитном принципе. Запись производилась на тонкую стальную проволоку, намотанную в один слой на вращающийся цилиндр. Три года спустя Паульсен построил второй вариант телеграфона, в котором стальная лента шириной 3 мм и толщиной 0,05 мм сматывалась с одной бобины и наматывалась на другую, проходя мимо записывающей и воспроизводящей головок.

Это устройство было по сути дела первой моделью магнитофона. Однако появление новых механических систем записи звука заставило почти забыть идею магнитофона. Возникла идея механической записи звука в виде спиральной канавки на плоский диск, что стало важной вехой в развитии техники механической звукозаписи. Изобретение нового аппарата было связано с именем Эмиля Берлинера, получившего в июне 1887 г. патент на граммофон, который в мае следующего года публично демонстрировался в Франклиновском институте в Филадельфии [15].

Берлинер сразу же оценил перспективное значение поперечной звукозаписи. Свои первые эксперименты он вел на приборе с цилиндрическим звукоусилителем. В этом приборе мембрана с резцом колебалась в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра, на котором получалась звуковая канавка. Затем Берлинер начал опыты с записью на аппарате оригинальной конструкции, применив стеклянный диск, предварительно покрытый сажей (метод Кро); несколько позже он стал покрывать диск сажей с парафином [13, с. 192].

В качестве материала для дисков Берлинер использовал цинк, а для защитного слоя — пчелиный воск. Для записей на этих дисках был приспособлен специальный станок, на диске которого устанавливали предназначенный для записи звука полированный цинковый диск. Звуковую канавку Берлинер наносил при помощи записывающей мембраны, снабженной трубкой с небольшим рупором и передававшей свои колебания при-

(No Model.)

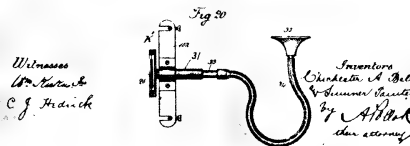
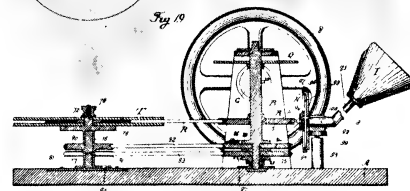
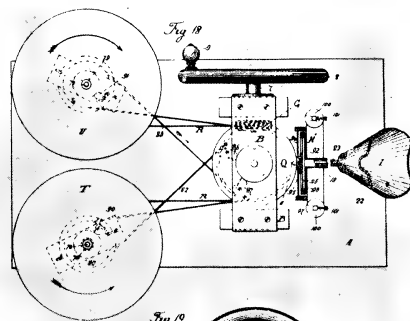
C. A. BELL & S. TAINTER.

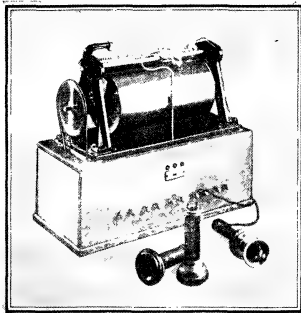
4 Sheets—Sheet 4.

RECORDING AND REPRODUCING SPEECH AND OTHER SOUNDS.

No. 341,214.

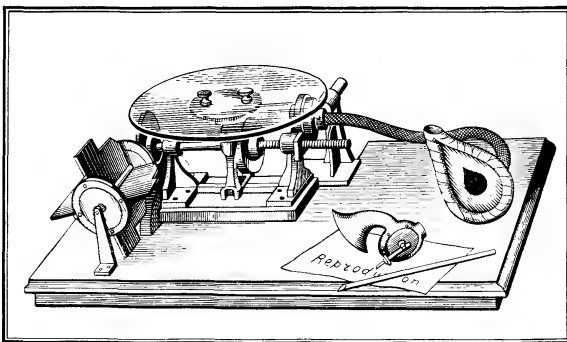
Patented May 4, 1886.





Телеграф Паульсена
(конец XIX — начало XX в.)

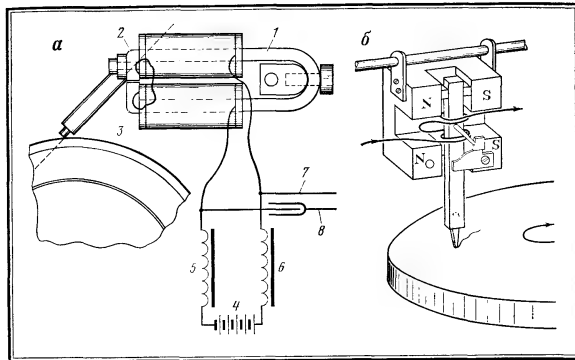
Прибор Берлинера для звукозаписи
на стеклянный диск (конец XIX в.)



Первая в мире граммофонная пластинка — копия была изготовлена самим Берлинером из целлулоида в 1888 г. [16]. Для ее получения негативную матрицу надавливали на горячий листовой целлулоидный диск, который затем охлаждался и приобретал достаточную твердость.

В конце XIX в. наряду с граммофоном еще существовали звукозаписывающие приборы типа фонографа, т. е. приборы с цилиндрическим звукоснимателем. Изобретатели стремились улучшить фонограф, устранить по возможности свойственные этому аппарату недостатки.

В частности, немало усилий было приложено к тому, чтобы увеличить продолжительность звучания записи, сделанной на фонографе, а главное, повысить громкость воспроизведения. Это приводило к созданию отдельных интересных и оригинальных для своего времени конструкций звукозаписывающих аппаратов. Один из последних фонографов (фонограф



Рекордеры для электромеханической записи звука (Россия, начало XX в.)

а — конструкция А. К. Никифорова; б — конструкция Н. Д. Смирнова

Парцера — Мюльбаха, 1900 г.) имел большой рупор, сменные мембраны с шариковой сапфировой иглой и был снабжен мощным пружинным механизмом. Однако бурное развитие граммофона, имевшего явные преимущества, быстро вытесняло все прежние конструкции.

Граммофонная промышленность развивалась очень быстро; в 1901 г. было выпущено свыше 4 млн. пластинок [17]. Существенно улучшил конструкцию граммофона в 1903—1904 гг. Э. Джонсон, который ввел подвижное сочленение граммофонной мембраны с рупором. Это было большим шагом вперед. Мембрана разгружалась от значительной массы рупора и усилием, связанных с поворачиванием его при воспроизведении пластинок. Применение тонария увеличило срок службы граммпластинок, иглоков и мембран, повысило качество звукоопроизведения и дало возможность применять рупоры значительных размеров с лучшими акустическими данными [13, с. 197, 198, 200].

Радикальные сдвиги в улучшении качества звукозаписи произошли с изобретением и внедрением в производство граммофонных пластинок электромеханического метода записи звука.

К началу XX в. определились главные принципиальные и технические особенности конструкций аппаратуры и процессов звукозаписи и звуковоспроизведения. Записи вели на специальных аппаратах — станках; резец гравировал звуковую канавку на поверхности полированного диска. После снятия гальванических матриц прессовали граммофонные пластинки из шелачной массы. По физической сущности метод записи звука оставался прежним и мало отличался от предложенного Кро и Эдисоном. Кон-

КАЧЕСТВЕННЫЕ СДВИГИ
В ПРИБОРОСТРОЕНИИ1. ТРЕБОВАНИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ
К ПРИБОРОСТРОЕНИЮ

В рассматриваемый период приборостроение стало играть ведущую роль в развитии науки и техники. Специальные приборы и инструменты, с помощью которых ведутся научные наблюдения, стали необходимым звеном в познании того или иного явления. Без приборов нельзя представить себе развитие астрономии, физики, химии, геодезии и других естественных наук, а без развития естествознания немалосмысленно развитие техники. «Все естествознание с самого начала своего зарождения, возникновения и последующего бурного, все убыстряющегося развития было и остается связанным с производством, с техникой и промышленностью. Только с этой стороны и можно понять генезис и движущие силы его развития» [1, с. 374].

Чтобы понять, чем обусловлены качественные сдвиги в приборостроении рассматриваемого периода и выявить новые требования, предъявляемые к нему наукой и техникой, необходимо остановиться на крупнейших достижениях естественных наук.

Период с начала 70-х годов XIX в. до 20-х годов XX в. — один из важнейших в развитии современного естествознания, период революционных открытий в различных областях естественных наук и ломки старых представлений о мире. Точные естественные науки развиваются в это время на основе обширного практического опыта, обогащая его со своей стороны новыми научными открытиями.

В рассматриваемый период происходит дальнейшая специализация науки, появляются ее новые отрасли.

Пути возникновения новых наук были разными. Одни из них появились как бы на границе старых наук. Другие науки возникли в результате взаимного переноса теорий и принципов из одних дисциплин в смежные. Одним из первых примеров такого рода может служить возникновение в 60-х годах XIX в. астрофизики в результате использования спектрального анализа как физического метода для изучения астрономических объектов. Точно так же проникновение теории и методов оптики в электронику привело к образованию новой науки — электронной оптики.

Если наука до второй половины XIX в. не знала путей для выяснения физической природы процессов и явлений, происходящих во вселенной, то впоследствии, скажем, астрономия обогатилась новыми методами изучения космоса. Эти методы — спектральный анализ и фотография — основаны на достижениях физики и химии. Спектральный анализ нашел также широкое применение в химии — для качественных и количественных химических анализов и исследования молекулярного строения веществ.

Необходимость удовлетворить потребности астрономии, физики, химии и других наук в средствах спектрального анализа привела к возник-

струкция записывающих мембран — механических рекордеров того времени в общих чертах напоминала мембрану акустического граммофона. Наиболее существенными недостатками механических рекордеров были невозможность плавно изменять количество акустической энергии, подводимой к рекордеру, а также значительные искажения, вносимые рупорами. Все это снижало качество звучания граммофонных пластинок.

В начале XX в. были предприняты отдельные попытки преодолеть эти затруднения и увеличить мощность звуковых волн, приводящих в колебательное движение мембрану рекордера. В 1916 г. русский изобретатель А. К. Никифоров разработал конструкцию электромагнитного рекордера, предназначенного для электромагнитической записи звука. Рекордер Никифорова состоял из подковообразного электромагнита 1 с якорем 2, к которому прикреплялся резец 3. Электромагнит получал постоянное подмагничивание от источника постоянного тока 4, который подключался к микрофонной цепи 7—8 через дроссели 5 и 6. В 1918 г. аналогичный рекордер сконструировали инженеры компании «Номон» в Париже.

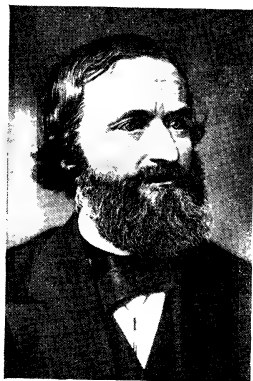
В 1928 г. советский инженер Н. Д. Смирнов предложил оригинальную конструкцию рекордера с якорем, работающим на кручение.

Неоспоримые преимущества электромагнитической записи звука вызвали в начале XX в. к жизни большое количество исследовательских работ в этом направлении, которые проводились во многих лабораториях мира. Наиболее успешные результаты были достигнуты в телефонной компании Белла (США). Электромагнитическая запись звука, впервые получив промышленное применение в США, чрезвычайно быстро, уже к середине 20-х годов вытеснила во всех странах акустическую запись. Однако постоянное революционное скачок на пути эволюции граммофона и способов звукозаписи произошел с момента внедрения электроники в технику записи и воспроизведения звука.

Граммозон, конструкция которых быстро совершенствовалась, а также наборы разнообразных пластинок к ним сделались в конце XIX — начале XX в. предметом широкого производства и торговли. Появилось большое количество соответствующих фирм.

14 июля 1888 г. начала функционировать фирма «North American Phonograph Company», вскоре в разных странах открылось тридцать ее филиалов. В 1893 г. началась коммерческая эксплуатация граммофонов. В Вашингтоне организовалась фирма «United States Gramophone Company», занимающаяся реализацией патентов Берлинера. Деятельность этой компании сначала ограничивалась округом Колумбия, но в 1895 г. в Филадельфии начала действовать «Berliner Gramophone Company», которая приобрела лицензию у «United States Gramophone Company». С этого времени граммофоны получили широкое распространение. В 1895 г. в Берлине была организована фирма «Deutsche Gramophon Gesellschaft», открывшая филиалы в Австрии и России; во Франции с 1899 г. начала работать «Compagnie Française du Gramophone», открывшая филиал в Испании.

Изобретение способов записи и воспроизведения звуков, так же как и изобретение кинематографа, привлекло к себе в начале XX в. пристальное внимание крупных делцов и капиталистов. Вскоре возникла достаточно развитая индустрия звукозаписи, расширившая возможности использования средств массовой информации.



Густав Роберт Кирхгоф
(1824—1887 гг.)

повению и развитию новой области знаний — спектроскопии. Это, в свою очередь, вызвало развитие спектральных приборов.

Интересный спектроскоп предложили Г. Р. Кирхгоф и Р. В. Бунзен. Несмотря на свою простоту, этот прибор имел существенные недостатки и впоследствии был усовершенствован. Для увеличения дисперсии известный немецкий оптик К. А. Штейнхель во второй половине XIX в. создал спектроскоп с четырьмя призмами. Первые три призмы имели преломляющий угол 45° , а четвертая призма 60° . Впоследствии вместо призм в качестве диспергирующего элемента стали применять дифракционные решетки, при помощи которых можно было получить значительное светорассеяние. Первые дифракционные решетки были изготовлены Й. Фраунгофером. Они состояли либо из рамки с натянутыми в ней тонкими параллельными проволочками, либо из стеклянной пластинки, покрытой сажей с нанесенными на нее штрихами.

В 80-х годах XIX в. профессор Роуланд изготовил вогнутые металлические решетки высокого качества. С их помощью удалось получить прямое действительное изображение спектров без вспомогательных оптических элементов (линз). Это особенно важно, так как позволило непосредственно фотографировать спектры. В 1888 г. в Америке был составлен подробный атлас солнечного спектра. Спектроскопия и фотография обусловили быстрое развитие новой отрасли астрономии — астрофизики.

На рассмотренном примере мы имели возможность убедиться в существовании в приборостроении двухстороннего характера взаимодействия между наукой и техникой (от «науки к технике» и от «техники к науке»). В процессе своего развития техника постоянно существенно влияет на развитие науки, выдвигая задачи и этим стимулируя научные исследования, обеспечивая науку необходимым оборудованием. В свою очередь, наука, получив необходимые «инструменты» для исследований, играет активную роль по отношению к технике, открывая закономерности природы и указывая возможности их практического применения. Рассматриваемый нами период характерен внедрением точных измерительных приборов в технику, науку и производство.

В результате бурного развития технических наук во второй половине XIX — начале XX в. возникла большая потребность в точных приборах для измерения длины, массы и времени.

Во второй половине XIX в. для точных измерений толщины пластинок, диаметра проволок и т. д. начинают применять контактные микрометры.

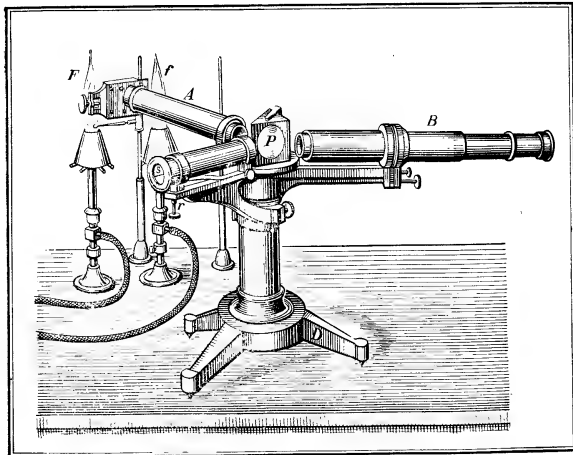
Усовершенствованию подвергались и приборы для измерения массы и времени. В конце XIX в. немецкий механик П. Штюкрат построил весы с точностью измерения до 0,0001 мг. Эти весы позволяли учитывать массу воздуха при взвешивании, колебания температуры окружающей среды и т. п.

Для точного (до одной тысячной секунды) измерения времени в конце XIX в. применяли хроноскоп Гиппа, с помощью которого промежутки времени могли быть измерены с точностью до одной тысячной секунды.

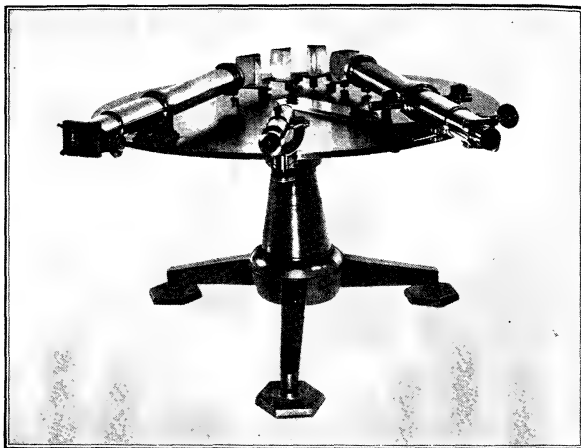
Требования науки и техники к созданию приборов, обеспечивающих наблюдение, измерение, контроль, регистрацию, управление и многие другие виды операций, привели к бурному развитию оптического приборостроения и его теоретической базы — технической оптики.

Качественные сдвиги в приборостроении рассматриваемого периода объясняются в первую очередь крупнейшими открытиями в области физики [2].

Велика была роль приборов и в проведении фундаментальных исследований. Одной из важных и актуальных проблем физики второй половины XIX в. стала проблема экспериментального обнаружения и количествен-



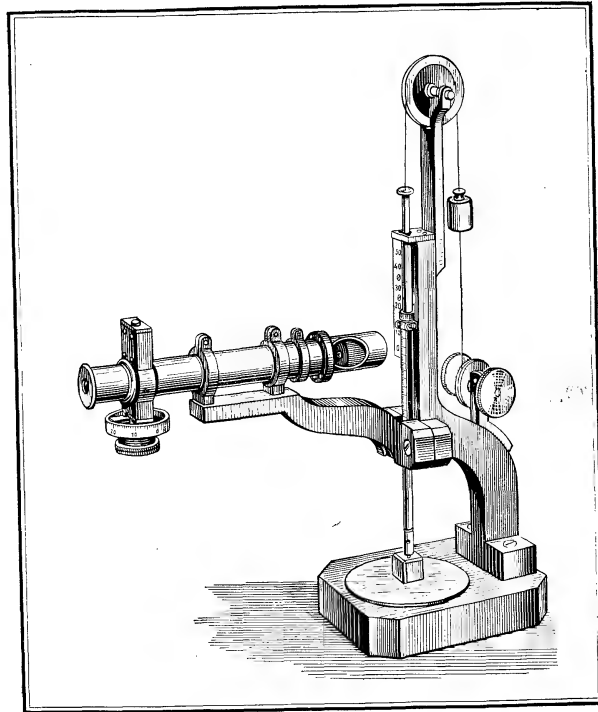
Спектроскоп Г. Р. Кирхгофа и Р. В. Бунзена



Усовершенствованный К. А. Штейнгейлем спектрометр Г. Р. Кирхгофа с четырьмя призмами (Германия, 1861 г.)

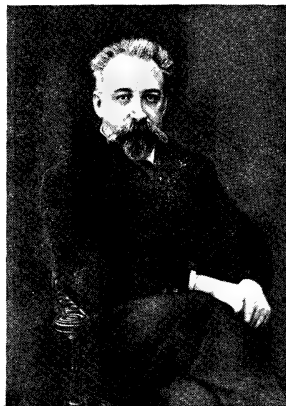
ного измерения светового давления. Эта задача, представляющая даже с чисто экспериментальной точки зрения огромные трудности, была успешно решена в 1899 г. русским физиком П. Н. Лебедевым [3]. Его прибор для исследования светового давления на твердые тела по внешнему виду и устройству относительно прост. Свет от вольтовой дуги *B* через оптическую систему *C, D, K...* падает на легкие крылышки диаметром 5 мм из различных металлов (платина, алюминий, никель) и слюды. Крылышки подвешены на тонкой стеклянной нити и помещены внутри стеклянного сосуда, из которого выкачан воздух. Устройство прибора и методика измерения позволяли свести мешающие радиометрические силы к минимуму. В результате оказалось возможным обнаружить давление, производимое световым пучком при падении на крылышки, которые при этом отклонялись и закручивали нить. Опыты П. Н. Лебедева показали, что световой поток обладает не только энергией, но и массой (подробнее см. гл. XV).

Другой не менее важной проблемой физики конца XIX в. было определение скорости света. Одними из первых скорость света определили экспериментально французские ученые И. Л. Физо в 1849 г. и Ж. Б. Л. Фуко в 1850 г. Однако вопрос, зависит ли скорость распространения светового сигнала от скорости движения его источника, оставался открытым. Этот



Контактный микрометр Э. Аббе (Германия, конец XIX в.)

вопрос, имеющий принципиальное значение в физике, был решен в 1879—1882 гг. американским ученым А. Майкельсоном с помощью интерференционной установки. Опыт Майкельсона также стал одним из экспериментальных оснований постулата теории относительности о равенстве скорости света в вакууме и во всех инерциальных системах отсчета [4].



Петр Николаевич Лебедев
(1866—1912 гг.)

излучения и не зависит от его интенсивности.

Доказательством квантовой природы фотоэффекта явились исследования русского физика А. Ф. Иоффе, опубликованные им в 1913 г. в работе «Элементарный фотоэлектрический эффект. Магнитное поле катодных лучей» [7]. С помощью специального прибора Иоффе были произведены прецизионные измерения заряда электрона.

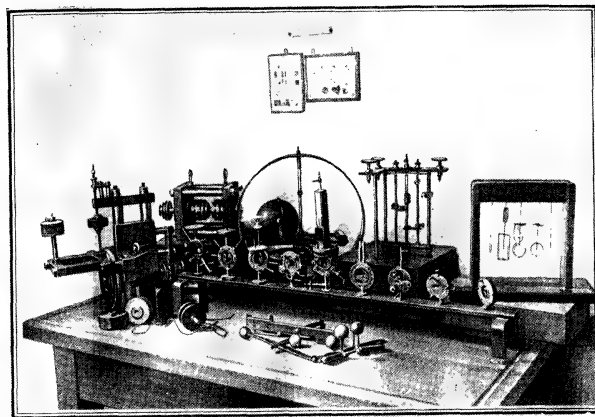
Уравнение Эйнштейна неоднократно подвергали экспериментальной проверке. Особенно тщательные исследования были выполнены американским физиком Р. Э. Милликоном (1916 г.) и советскими физиками П. И. Лукирским и С. С. Прилежаевым (1928 г.) [8]. Прибор Милликена для изучения фотоэлектрического эффекта позволил установить, что энергия кванта равна сумме кинетической энергии электрона и некоторой постоянной по величине энергии, которая должна быть затрачена для выхода электрона с поверхности металла [9].

Таким образом, без приборов были невозможны многие фундаментальные исследования. Бурный прогресс физики в конце XIX — начале XX в. выдвинул новые задачи перед приборостроением.

С середины XIX в. приборы для измерения электрических и световых величин стали все более прочно входить в практику. В конце XIX в. и начале XX в. были открыты новые физические явления, появились новые виды измерений и соответствующие приборы.

Явление внешнего фотоэффекта было открыто немецким физиком Г. Герцем в 1887 г. Схема соответствующего основного опыта была впервые осуществлена русским физиком А. Г. Столетовым в 1888 г. [5], который фактически создал первый в мире газонаполненный фотоэлемент, основанный на явлении внешнего фотоэлектрического эффекта [6]. Этот прибор был одним из первых селективных приемников излучений и в большой мере способствовал становлению оптико-электронного приборостроения как самостоятельной области техники и науки.

Велика была роль приборов и в экспериментальном подтверждении механизма фотоэффекта. Как известно, механизм внешнего фотоэффекта был раскрыт в 1905 г. А. Эйнштейном на основе квантовых представлений о природе света. Им было получено уравнение, выражающее второй закон внешнего фотоэффекта: максимальная энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой падающего



Приборы П. Н. Лебедева, используемые им для различных физических исследований в конце XIX в.

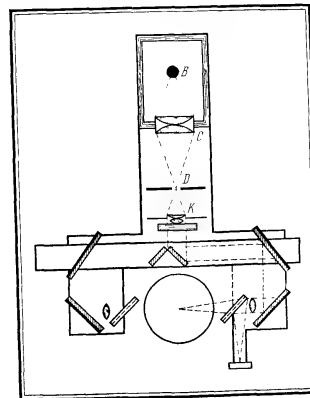
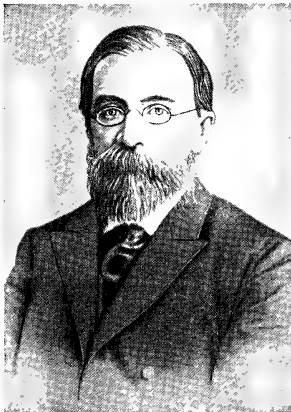


Схема установки П. Н. Лебедева для исследования светового давления на твердые тела (Россия, 1900 г.)



Александр Григорьевич Столетов
(1839—1896 гг.)

Открытие в 1895 г. В. К. Рентгеном X-лучей вызвало в конце XIX в. сенсацию во всем мире [10]. Изучая X-лучи, Рентген обнаружил их фотографическое действие, ионизацию воздуха при прохождении лучей, показал отсутствие их отражения от поверхности, открыл законы поглощения лучей и связь поглощения с плотностью, дал оценку проникающей способности лучей и т. д. Он создал также тип рентгеновской трубки с вогнутым катодом и платиновым анодом.

Первое применение рентгеновские лучи нашли в медицине. Мысль Рентгена сфотографировать с помощью открытого им излучения именно человеческую руку — одна из самых счастливых и плодотворных. Кто знает, вызвало ли бы его открытие без этого опыта тот всеобщий интерес и ту огромную популярность, которую оно с полным правом точно же приобрело и которыми оно пользуется в меньшей мере и теперь.

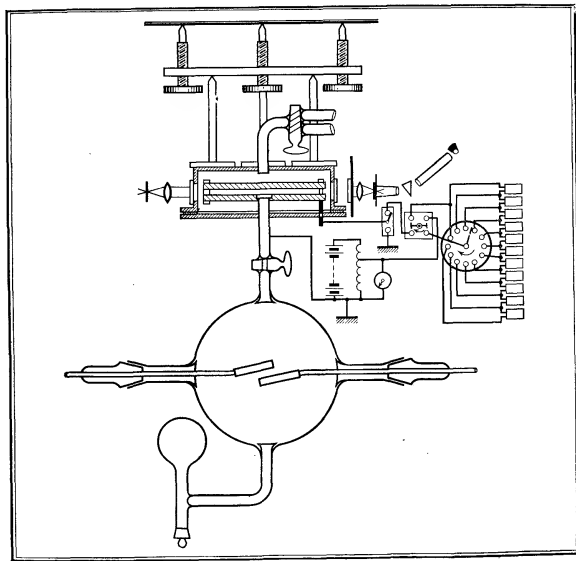
Природа рентгеновских лучей долгое время оставалась неизвестной. Английский ученый Дж. Стокс высказал гипотезу, что рентгеновские лучи представляют собой очень короткие электромагнитные волны, возникающие при торможении электронов при ударе их об анод. В 1904 г. английский ученый Ч. Баркла экспериментальным путем обнаружил поляризацию рентгеновских лучей. Доказательством того, что рентгеновские лучи представляют собой электромагнитные волны, было также открытие в 1912 г. немецким ученым М. Лауэ (совместно с В. Фридрихом и П. Книппингом) явление дифракции рентгеновских лучей при прохождении их через кристаллы. Последовавшие затем фундаментальные исследования русского ученого Г. В. Вульфа (1913 г.), английских ученых В. Г. и В. Л. Брэггов (1913 г.), Г. Мозли (1913 г.) и других привели к тому, что рентгеновские лучи получили широкое применение в физике и технике.

Развитие военной техники, металлургии, нефтепромыслов, машиностроения, теплоэнергетики, средств транспорта — также предъявляло новые требования к приборостроению.

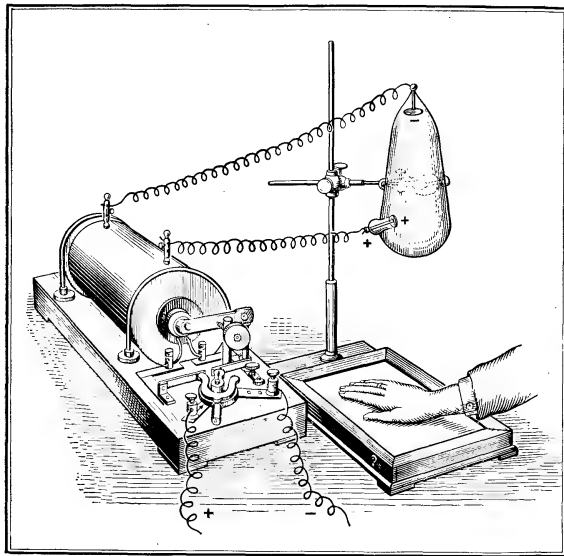
Во второй половине XIX в. расширяются области практического использования электричества и оптики. Потребовалось решение ряда измерительных задач. Большие требования к количеству и качеству выпускавшегося электрооборудования предъявляли электростанции, промышленные предприятия, городские и магистральные электрические железные дороги. Научно-исследовательские институты и лаборатории требовали новых,

более точных и чувствительных приборов. В 80-х годах XIX в. произошел большой перелом в развитии электроизмерительных приборов. С этого времени приборы с подвижным магнитом начинают вытесняться приборами с подвижной рамкой [11].

До 80-х годов XIX в. запросы науки и практики вполне удовлетворяли гальванометры с подвижными магнитами. Однако с развитием промышленной электротехники картина резко изменилась. Возникла необходимость в цитовых и переносных стрелочных приборах, всегда готовых к работе, и приборах, показания которых не зависели бы от внешних магнитных полей и возмущений. Гальванометры с подвижным магнитом на подвесе не удовлетворяли ни первому, ни второму требованиям. Они нуждались в предварительной установке и подготовке к работе и поэтому не могли быть использованы в качестве цитовых или переносных приборов. Кроме того, они были весьма чувствительны к внешним магнитным полям.



Прибор А. Ф. Иоффе для прецизионного измерения заряда электрона (Россия, 1913 г.)



Фотографирование руки при помощи рентгеновских лучей (конец XIX в.)

В 1880 г. М. Депре сделал попытку устранить основные недостатки, свойственные гальванометрам с подвижными магнитами, использовав с этой целью обычную магнитную стрелку, помещенную в катушку с измеряемым током [12]. Для защиты прибора от внешних магнитных полей всю систему помещали в межполюсное пространство подковообразного магнита. В 1884 г. Д'Арсонваль и Депре видоизменили прибор, введя подвижную катушку и заменив ранее применявшуюся подвижную часть полым цилиндрическим сердечником [13]. Показания этого прибора не зависели от внешних магнитных полей, но его шкала была неравномерной. В 1884 г. для линии электропередачи Крейль—Париж французский ученый Дебре сконструировал новый прибор, свободный от указанного недостатка [14].

В 1899 г. для электрофизиологии французский исследователь Ж. А. Д'Арсонваль построил чувствительный зеркальный гальванометр с подковообразным магнитом, расположенным вертикально, и с бифиляр-

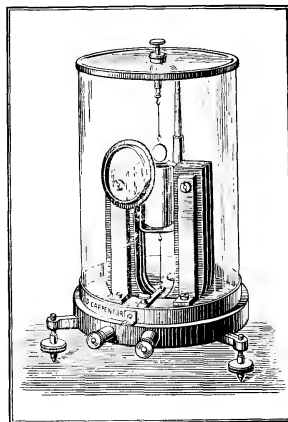
ным подвесом [15]. Приборы такого типа выпускались мастерскими Карпанье в двух вариантах: с аеральным и стрелочным отсчетом.

Несмотря на то, что гальванометры Д'Арсонваля были чувствительными и точными, они могли быть использованы только в лабораторных условиях. Между тем промышленность и транспорт испытывали потребность в нестационарных (читовых и переносных) приборах. Для создания таких приборов необходимо было отказаться от подвесов и растяжек и перейти к принципиально новому креплению подвижной части приборов. Это сделал в 1888 г. американский инженер Э. Вестон. В его приборе ось подвижной системы была установлена на кернах, а для создания противодействующего момента и подвода тока к рамке использовали две спиральные пружинки. Благодаря этому прибор такой конструкции мог работать в любом положении, т. е. мог быть переносным, читовым, использоваться для установки на кораблях, автомобилях и т. д. Принципиальная схема его с соответствующими конструктивными изменениями сохранилась и в современных приборах [14].

К началу 90-х годов XIX в. был накоплен значительный опыт конструирования магнитоэлектрических гальванометров. Было установлено, что их чувствительность зависит от многих факторов и определяется электрическими и механическими параметрами прибора, сопротивлением внешней цепи и т. п.

В 1890 г. В. Э. Айртон, Мазер и Саминер представили Лондонскому физическому обществу доклад, в котором были изложены результаты исследований большого числа гальванометров различных типов [16]. Основываясь на теоретических выводах, Айртон и Мазер сконструировали гальванометр с узкой и длинной рамкой, расположенной в воздушном зазоре горизонтального магнита (без сердечника).

С развитием в 80-х годах XIX в. промышленной электротехники появлялись также необходимость в измерительных приборах, пригодных для применения в цепях переменного тока [17]. Были созданы многочисленные конструкции приборов для измерения напряжения (приборы электромагнитной, электродинамической, ферродинамической системы и т. д.). На первый взгляд магнитоэлектрические приборы должны были отойти на задний план и уступить место другим системам. Однако этого не произошло, так как магнитоэлектрические приборы обладают существенными



Зеркальный гальванометр Д'Арсонваля

преимуществами: высокая чувствительность, малое собственное потребление энергии, равномерная шкала, высокая точность и т. д.

Преимущества магнитоэлектрических приборов были столь очевидны, что отказываться от них было невозможно, поэтому стали весьма успешно предпринимать попытки приспособить их для работы в цепях переменного тока. Это достигалось предварительным выпрямлением измеряемого переменного тока. Первые попытки применения выпрямителей относятся к схемам амперметров и вольтметров. Наибольшее распространение получила схема двухполупериодного выпрямителя, предложенная Л. Гретцем в 1897 г. [18].

В связи с большим спросом на электроизмерительные приборы во второй половине XIX в. возникают новые фирмы, занимающиеся производством электроизмерительных приборов: французская — «Carpentier», немецкая — «Siemens und Halske», американская — «Weston Electric Instr. Company» и др.

Для рассматриваемого периода характерно возрастание роли измерительной техники для научных и инженерных целей, связанное с проникновением количественных методов анализа во все области физики. Эти области требовали точных измерений и расчетов. Физические открытия давали возможность построения новых приборов, а потребности практики стимулировали их быстрое развитие и совершенствование.

С начала XX в. четко проявляется тенденция возрастания роли науки в техническом прогрессе. Это стало возможным вследствие того, что наука обогатилась опытом, методами исследования. Особую роль сыграли успехи электроники — новой области науки и техники.

История развития приборостроения показывает, что в дальнейшем на протяжении XX в. роль научных исследований в создании новых измерительных и наблюдательных устройств неизменно возрастает.

2. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ. ЗАРОЖДЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВЕДЕНИЯ

«Наука начинается с тех пор, как начинают измерять. Точная наука неминуема без меры». Эти слова принадлежат Д. И. Менделееву, который был не только великим химиком, но и автором основополагающих трудов в области измерения [19].

Действительно, если проследить историю точных приборов, можно убедиться, что подавляющее большинство их предназначалось для производства разного рода измерений — длин, площадей, объемов, масс, времени, а позднее и температур, давлений, влажности и многих других величин.

Появление каждого конструктивно нового прибора открывает перед учеными (если прибор предназначен для научных исследований) или инженерами-техническими работниками (если прибор предназначен для использования на съемках или в промышленности) новые возможности. Однако эти приборы с течением времени перестают отвечать постоянно растущим требованиям науки и производства. Точность и диапазон возможностей прибора оказываются недостаточными. Начинается или усовершенствование прибора (которое дает временно выход из положения), или разработка принципиально новой конструкции с учетом новых требований и последних достижений науки и техники.

Таким образом, точность измерительных приспособлений, используемых на том или ином этапе исторического развития, отражала уровень знаний этого периода, а возникавшая время от времени ограниченность точности измерения определенных величин приводила к созданию новых приборов и к новой ступени в развитии познания.

«Законы явлений природы, как выражения количественных отношений между факторами явлений,— писал в конце XIX в. профессор Ф. Ф. Петрушевский,— выводятся на основании измерений этих факторов» [20, с. 858].

Выраженная в количественной форме информация, которую дают измерения, воспринимаемая органами чувств и отражается в сознании человека или непосредственно, или с помощью специальных приборов, получающих, хранящих и перерабатывающих информацию в доступную для органов чувств человека форму.

Успехи, достигаемые в области измерений приводили нередко к появлению новых теорий. Так, открытие периодического закона химических элементов прекрасно иллюстрирует зависимость прогресса естествознания от состояния и возможностей техники измерений [21, с. 65]. Именно благодаря измеренным атомным весам химических элементов открыл этот закон Д. И. Менделеев, ставший всегда на первое место те свойства вещества, которые могли быть измерены, а их значения выражены точно количественно [22, с. 3].

Развитие и совершенствование измерений во всех сферах деятельности человека привели в XIX в. к созданию специальной науки об единицах, средствах и методах измерений — метрологии, решающей широкий круг задач научного, производственного и социального характера [23]. Средства и методы измерений в различных областях науки, техники и промышленности между собой тесно связаны. Развитие метрологии в области оптики, например, влияет не только на развитие самой оптики, но и других разделов физики, химии, биологии и астрономии.

В рассматриваемый период измерения все более становятся неотъемлемой частью научных исследований и различных производств, имеющих дело с изучением, изготовлением и обработкой материалов и веществ, находящихся в твердом, жидком, газообразном (а в настоящее время и в плазменном) состояниях.

Повышение требований к точности измерений в науке, промышленности, в картографо-геодезической практике и торговле привело к установлению в ряде стран единых мер и единиц измерения, а затем и к международным метрологическим соглашениям.

Распространению в России единой системы мер и весов в значительной степени способствовала Главная палата мер и весов, преобразованная в 1893 г. по инициативе Д. И. Менделеева из Дешо образцовых мер и весов. Ныне это Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии имени Д. И. Менделеева (ВНИИМ). Сначала в Главной палате мер и весов было три лаборатории — мер длины, мер массы и температурных измерений. В дальнейшем Д. И. Менделеев организовал ряд новых лабораторий: лабораторию измерения электрических величин, фотометрическую, волюметрическую, манометрическую, химическую и астрономическую. В 1940 г. (уже после смерти Менделеева) в Палате была создана радиотелеграфная группа, на базе которой впоследствии возникло несколько лабораторий.

для разработки проблем измерений в области электромагнитных колебаний высоких частот [24].

В конце XIX в. специальные метрологические учреждения создаются в Германии (1887 г.), Англии (1900 г.) и США (1901 г.).

Метрология самым тесным образом связана с приборостроением, являясь его научной основой, устанавливающей критерии оценки точности и достоверности результатов измерений.

О том, какое значение стала иметь измерительная техника в начале XX в., говорится в книге профессора Московского технического училища А. П. Гавриленко: «Нужно твердо раз навсегда усвоить, что если завод не имеет точных мерительных инструментов, то он не может выпускать и точных, первоклассных изделий, удовлетворяющих современным требованиям, каково бы ни было его оборудование и искусство рабочего персонала» [25, с. 19].

Увеличение точности измерений шло по двум направлениям: совершенствованию измерительных средств и разработке новых принципов измерения.

В XIX в. начинает заметно развиваться точное машиностроение — новая отрасль промышленности, решающая задачи изготовления измерительных приборов.

На протяжении всей истории точного машиностроения непрерывно совершенствовались методы обработки деталей и сборки приборов и измерительных инструментов, совершенствовалась новая технология [26].

Приборы постепенно приобретали все более целесообразную форму и устройство. Этому способствовало возникновение новой дисциплины — инструментоведения, в задачи которого входило изучение разнообразных типов и конструкций существующих инструментов, их совершенствование и разработка новых конструкций и методов исследования механических, оптических и специальных качеств инструментов [27].

Важную роль в становлении инструментоведения сыграло развитие теоретической и прикладной (технической) оптики.

В 50—70-х годах XIX в. в самостоятельную дисциплину, тесно связанную с инструментоведением, оформляется теория оптических инструментов, с помощью которой на основе достижений в расчетах оптических систем, разработке теории аббераций и технологии оптического стекла стали успешно решать задачу установления оптимальных условий для получения правильного изображения наблюдаемого объекта, подобного ему по геометрическому виду и по распределению яркости. Именно в этот период немецкий ученый К. Ф. Гаусс, отказавшись от понятия идеальной оптической системы, разработал методику расчета оптических систем с учетом толщин оптических деталей, положенную в основу современных оптических расчетов. Именно в этот период были разработаны и внедрены в производство прогрессивные методы варки оптического стекла с заданными свойствами. В значительной степени быстрому развитию точного приборостроения способствовало создание ряда оптических инструментов, предназначенных для сборки, юстировки и контроля точных приборов в процессе их изготовления и эксплуатации. Новая отрасль — металлография позволила применять при изготовлении приборов металлы, удовлетворяющие определенным механическим (повышенная твердость, незначительный износ), физическим (малый коэффициент расширения, иногда отсут-

ствие влияния магнетизма и др.) и химическим (высокая сопротивляемость коррозии) требованиям.

Развитие научных исследований, промышленности, транспорта, интенсификация топографо-геодезические работы для картографирования территорий, организация метеорологической службы требовали огромного количества точных приборов самых разнообразных конструкций.

Это разнообразие отражено в предложенной еще в 20-х годах XIX в. академиком В. М. Севергиним классификации «орудий, употребительных в науках и художествах». Среди них приведены следующие типы приборов:

1. Орудия учебные. Штеты, орудия геометрии элементарной и описательной, орудия опытной физики, орудия, относящиеся к естественной истории.
2. Орудия для весов и мер. Весы разного рода, ареометры и пр.
3. Орудия для черчения планов и рисования. Компасы, пантографы, готовяльные приборы...
4. Орудия оптические. Увеличительные стекла, телескопы, микроскопы и пр.
5. Орудия акустические. Слуховые трубы и пр.
6. Орудия метеорологические. Барометры, термометры, гигрометры, анеометры, громовые отводы и пр.
7. Орудия, принадлежащие к часовому мастерству.
8. Орудия астрономические и геодезические...» [28, с. 10—11].

На протяжении XIX и начала XX столетия в процессе эволюции многие точные приборы приобрели уже черты, присущие современным приборам, и превратились в развитые измерительные устройства, состоящие из следующих основных элементов: прибора—регистратора, отмечающего количество единиц измерения величины; устройства-преобразователя, позволяющего явление, не воспринимаемое чувственным аппаратом человека, преобразовать в явление, им воспринимаемое; специального прибора, расширяющего (в зависимости от назначения измерительного устройства) пределы восприятия данной чувственной способности человека; приспособления, подводящего (в случае надобности) энергию к прибору-регистратору.

К первой четверти XX в. количество и разнообразие точных приборов значительно возросло. Большинство из них относятся к различным группам современного приборостроения [29, с. 29—37]. Одну из ведущих групп в приборостроении занимают оптико-механические приборы, в которую входят: 1. Микроскопы. 2. Астрономические приборы. 3. Геодезические приборы. 4. Астрофизические приборы. 5. Спектروметрические приборы. 6. Спектрографические приборы. 7. Фотометрические приборы. 8. Калориметрические приборы. 9. Поляризационные приборы. 10. Интерференционные приборы. 11. Аэрофотометрические приборы. 12. Фотограмметрические приборы. 13. Фотооптическая регистрирующая аппаратура. 14. Киноплапатура. 15. Специальные приборы для фотоконтроля промышленности. 16. Офтальмологические приборы. 17. Электрооптические приборы. 18. Рефрактометрические приборы. 19. Оптико-измерительные приборы. 20. Специальные приборы для оптического производства. 21. Приборы для определения качества поверхностей.

Приборы первых трех подгрупп — микроскопы, астрономические и геодезические приборы в рассматриваемый период были значительно усовершенствованы, стали более разнообразными.

Микроскопы, например, после того как в 1872—1873 гг. Э. Аббе разработал теорию образования изображения несамосветящихся объектов [30], получили особенно широкое распространение и в научных исследованиях, и в промышленности. Наряду с биологическими были созданы поляризационные микроскопы (для исследований в области минералогии, кристаллографии и химии), металлографические (для исследований структуры металлов по их шлифам), универсальные измерительные микроскопы с микрометрами, микроскопы сравнения, проекционные микроскопы.

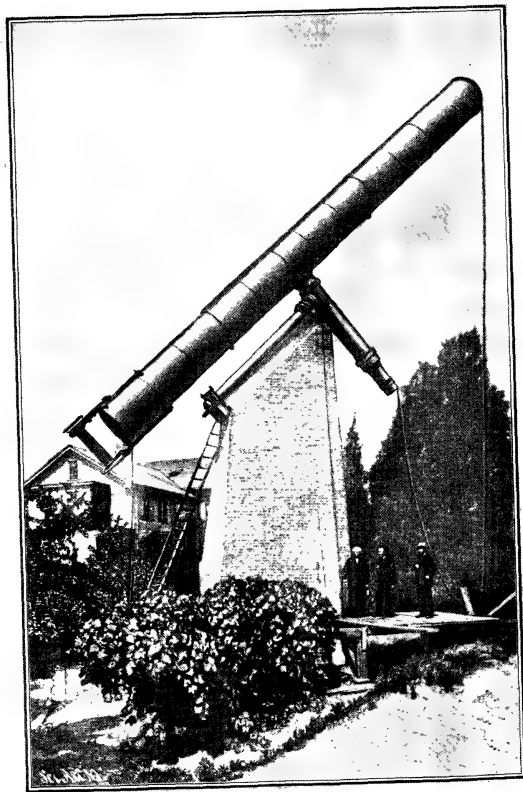
Во второй половине XIX в. были достигнуты выдающиеся успехи в создании традиционных астрономических инструментов — телескопов [31]. Американские оптики — семейство Кларков [32] создали самые крупные в мире телескопы — рефракторы. Нять из изготовленных ими рефракторов были в свое время крупнейшими в мире. Причем 40-дймовый рефрактор, заверченный Кларками в 1897 г., был установлен в Йерской обсерватории и не превзойден по размерам до наших дней.

В 1917 г. была завершена постройка рефлектора с диаметром зеркала 100 дюймов, который тридцать лет оставался самым крупным рефлектором в мире. Этот инструмент был создан в мастерских обсерватории Маунт-Вилсон под руководством Д. Ричи [33]. Таким образом, в конце XIX — начале XX в. в результате почти трехсотлетних исследований в области оптики, технологии оптического стекла, инструментоведения и инженерной науки телескоп превратился в мощное орудие исследования Вселенной. Параллельно с развитием телескопов изобретали и совершенствовали вспомогательные инструменты, делающие телескоп еще более эффективным.

Третья подгруппа — геодезические приборы, пожалуй, самая многочисленная. Во второй половине XIX в. огромный размах во всем мире получили топографо-геодезические работы. Развитие промышленности, железнодорожного и водного транспорта, землеустроительные работы, военные интересы государств требовали все более точных карт со строгим научным обоснованием. Для построения триангуляционных сетей, дающих такую научную основу, необходимы были высокоточные астрономо-геодезические инструменты; для топографических и картографических работ — геодезические и чертежные инструменты; все увеличивающаяся добыча полезных ископаемых требовала большого количества маркшейдерских инструментов. Гидрологические исследования, строительство гидротехнических сооружений и мореплавание не могли обойтись без навигационных, гидрологических и метеорологических инструментов.

О колоссальном объеме проводимых в рассматриваемый период топографо-геодезических работ можно судить по России, где к началу первой мировой войны из 12 министерств 10 принимали прямое или косвенное участие в съемочных работах (ежегодно для разных целей съемки вели на территории до полумиллиона квадратных километров) [34, с. 4].

В процессе эксплуатации и исследования астрономо-геодезических приборов совершенствовались их конструкции, повышалась точность инструментов. Этому способствовало повышение качества делений шкал, совершенствование отсчетных приспособлений и оптических схем; применение труб с большим относительным отверстием и разрезающей силой. Для удобства наблюдений близзенитных звезд стали применять ломаные трубы; с начала XX в. большое распространение получили трубы с внутренним фокусированием. Разрабатывали и принципиально новые виды приборов.



Пулковский рефрактор Кларков

например, для линейных измерений стали использовать провололочные базисные приборы и дальномеры разных конструкций. В 1905 г. инженер Г. Вильд, работавший в Германии в фирме К. Цейса, а впоследствии основавший самостоятельное производство в Швейцарии, сделал попытку создать универсальный теодолит, конструкция которого позволяла бы проводить отсчеты по горизонтальному и вертикальному и вертикальным кругам без перемещения наблюдателя. Такой новый оптический теодолит системы Вильда через несколько лет был изготовлен [35] и стал широко использоваться в геодезических работах разных стран.

В группу оптико-механических приборов входят и астро-физические приборы, также получившие конструктивное оформление во второй половине XIX в.

До открытия фотографии телескопы предназначались только для визуальных наблюдений. Телескопы-рефракторы более удобны для точных измерений положений небесных светил из-за отсутствия токов воздуха в трубе, большого поля зрения и меньше, чем у рефлекторов, сферической аберрации. Поэтому для фотографирования небесных объектов стали использовать рефракторы. Применение фотографии для астрономических целей [36] изменило не только технику наблюдений, но и вызвало существенные изменения конструкции телескопа [37]. Необходимость длительных экспозиций при фотографировании небесных объектов привела к разработке хороших гидрирующих механизмов, обеспечивающих синхронное движение телескопа с видимым суточным вращением неба, позволивших держать трубу точно направленной на наблюдаемый объект. Для такого движения телескопов в XIX в. использовали гиревые приводы, которые в первой четверти XX в. были усовершенствованы введением почти непрерывной электрической подзаводки [38]. Пришлось совершенствовать и оптику телескопа — создавать светосильные фотографические объективы, рассчитанные на то, что фотографические материалы более всего чувствительны к синим и фиолетовым лучам. В предназначенных для фотографирования телескопах (астрографах) в фокальной плоскости объектива вместо сетки нитей или микрометра стали устанавливать пластинку с фотокамерой, и для проверки правильности установки инструмента во время экспонирования к основной трубе присоединять ведущую или гидрирующую трубу.

Применение в астрономии спектрального анализа стало возможным также благодаря конструированию и присоединению к телескопу специальных приборов — спектроскопа, если наблюдения спектров проводятся визуально, или спектрографа, если спектр фотографируется. В случае длительных экспозиций спектрограф помещали в термостат для поддержания постоянной температуры.

В свою очередь, телескопы-рефлекторы имеют ряд преимуществ по сравнению с рефракторами. Это отсутствие хроматической аберрации и большая светосила. Поэтому при спектральных исследованиях стали использовать рефлекторы.

В рассматриваемый период получили распространение и аэрофотометрические приборы. В 1913 г. В. Ф. Потте в России создал пленочный полуавтоматический аэрофотоаппарат [39].

С 1901 г. фирма Цейс начала выпускать стереокомпараторы — стереоскоп превратился в измерительный прибор, сыгравший важную роль в развитии фотограмметрии [40].

Изобретение кинематографа предъявило к приборостроению свои требования — понадобились киносъемочные, кинопроекционные и кинокопировальные аппараты [41].

Значительное развитие в рассматриваемый период получили также специальные приборы для оптического производства, приборы для определения качества поверхностей, рефлектометры, рефрактометры, интерферометры. Во второй половине XIX — начале XX в. приборостроение сложилось уже как самостоятельная отрасль промышленности.

3. РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОПТИКИ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

По традиции чисто условно принято подразделять оптику на физическую, геометрическую и физиологическую. Физическая оптика — естественная наука, так как объектом ее исследования является природа — свет и его свойства. К естественным наукам оптического цикла относятся также физиологическая оптика и фотометрия.

Связующим звеном в области оптики между упомянутыми выше естественными науками и техникой (в данном случае — оптическими приборами) является техническая наука — техническая оптика. В настоящее время существует множество терминов, определяющих техническую науку в области оптики: прикладная оптика, инструментальная оптика, инженерная оптика, техническая оптика, практическая оптика и др. Ниже мы будем использовать термин «техническая оптика» как наиболее соответствующий изучаемому вопросу [42].

С самого начала своего развития техническая оптика отделилась от физической: «Ученый мир Европы XVII и XVIII вв., — писал С. И. Вавилов, — с усердием занимался искусством шлифовать и полировать линзы и зеркал, конструировать оптических систем, их расчетом и усовершенствованием. Прямо или косвенно именно практические запросы заставили увлечься оптикой Декарта, Ньютона, Гюйгенса, Эйлера, Ломоносова. Эта «оптотехническая» линия, по современной терминологии, неуклонно и последовательно простирается от Галилея до нашего времени, проходя через такие этапы, как построение 48-дюймового телескопа Гершеля в 1799 г., микроскопа Аббе в конце XIX в. и колоссальный рост военной оптики со времени мировой войны. Вокруг этого стержня путанными зигзагами развивается физическая оптика, учение о свете, приобретая только в XIX в., наряду с теоретическим, и некоторые практические значения...» [43].

Статус самостоятельности технической оптики как технической науки подтверждается наличием своей теории — общей теории оптических систем. Развитие этой теории ведет к расширению областей применения технической оптики [44].

Рассматриваемый период в развитии технической оптики характеризуется становлением и развитием общей теории оптических систем и расширением областей ее применения [45].

Первые попытки создать единую теорию оптических приборов были сделаны еще в XVII в. Коренные изменения в методике расчета оптических сис-

тем произошли значительно позже — в середине XIX в. в результате разработки немецким ученым К. Ф. Гауссом теории идеальной оптической системы [46]. Указанная теория отвечала на вопрос, как следует строить конкретную оптическую систему (телескоп, зрительную трубу, микроскоп и др.), и давала возможность определить основные габаритные размеры будущей конструкции оптического прибора.

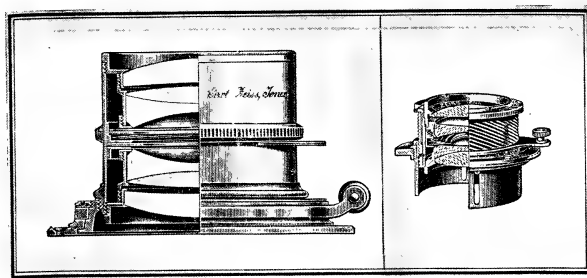
Однако теория идеальной оптической системы не давала возможность оценить качество изображения, даваемого оптическим инструментом, а главное, не позволяла решить вопрос о влиянии конструктивных элементов линз (радиус кривизны, диаметр, толщина, показатель преломления) на величину aberrаций (ошибок), даваемых оптическими приборами [47]. Совершенствование модели идеальной оптической системы привело к разработке теории aberrаций оптических систем.

Теория aberrаций оптических систем, для общего случая, была разработана во второй половине XIX в. в трудах Л. Зейделя и И. Петцваля. Разложение aberrаций в ряд на основании теории эйконала (для aberrаций третьего порядка) было выполнено К. Шварцшильдом в 1905 г. [48].

Разработка теории aberrаций не являлась самоцелью, а была вызвана практической необходимостью. Вторая половина XIX в. ознаменовалась бурным развитием фотографической оптики. На повестке дня стояла задача расчета фотографических объективов с высокой светосилой и большой разрешающей способностью. Чтобы фотографические объективы давали изображения высокого качества, к ним предъявляли повышенные требования aberrационной коррекции. До этого времени (до середины XIX в.) объективы фотоаппаратов строили в основном из комбинации двух линз. Aberrации таких объективов удавалось исправлять эмпирическим путем, последовательно изменяя радиусы кривизны линз и подбирая показатели преломления стекол, из которых эти линзы были изготовлены. Двухлинзовые объективы Шевалье значительно недоисправляли сферическую aberrацию. Хроматические aberrации в этих объективах удавалось исправлять подбором соответствующих сортов стекол.

Вследствие резкого повышения требований к качеству изображения, даваемого фотообъективом, использование совокупности только двух линз оказалось недостаточным. Начали строить оптические системы из трех и более линз. Крупным событием в истории инструментальной оптики стало создание в 1840 г. И. Петцвалем портретного объектива, далеко опередившего оптическую технику своего времени. Объектив Петцваля имел большое относительное отверстие ($1:3,2$). У этого объектива впервые было достигнуто одновременное исправление многих aberrаций [49]. При такой большой апертуре, какой обладал объектив Петцваля, этого было достигнуто очень трудно. Объективы Петцваля получили широкое распространение и находились в эксплуатации более 100 лет. Методика, которой пользовался ученый, не сохранилась, однако известно, что он построил свой портретный объектив на основании аналитических расчетов aberrаций. Работа по созданию этого объектива была осуществлена в чрезвычайно короткие сроки (1836—1840 гг.). При этом был решен целый комплекс задач технической оптики: оценка качества изображения, выбор типа оптической системы, создание техники расчета оптических систем и др.

Уже значительно позже, в 1865 г., А. Штейнхель создал симметричный



Фотографическая оптика конца XIX — начала XX в.

Слева — симметричный анастигмат «Плавар» (1897 г.), справа — объектив П. Рудольфа «Тессар» (1902 г.)

объектив-апланат, уступающий, однако, по своей светосиле объективу Петцваля [50].

В 1891 г. сотрудник фирмы «Karl Zeiss» П. Рудольф сделал первую попытку создать объектив-анастигмат с большой апертурой [51] (объектив «Протар»). В 1892 г. появилась конструкция симметричного анастигмата «Дагор», имеющего хорошую коррекцию астигматизма и малую дисторсию изображения.

К началу XX в. фотографическая оптика уже насчитывала довольно большое число разнообразных конструкций фотообъективов. Кроме двойных анастигматов, она пополнилась трехлинзовым анастигматом типа «триплет», разработанным в 1893 г. английским оптиком Тейлором для фирмы «Кук»; в 1900 г. Гёгг создал широкоугольный объектив «Ипергон» с полем зрения 135° ; в 1902 г. немецкий оптик П. Рудольф создал известный четырехлинзовый объектив «Тессар».

К этому же периоду относится и ряд работ по исследованию простейших оптических систем с помощью теории aberrаций третьего порядка [52]. Однако эти исследования не могли удовлетворить запросов практической разработки новых оптических систем. Это привело к дальнейшим к попыткам введения соответствующих поправок к формулам теории aberrаций третьего порядка [53].

Параллельно с теорией aberrаций оптических систем развивались теория и практика построения оптического изображения. Со времени И. Кеплера и Р. Декарта существовало мнение, что при идеальном изготовлении оптических систем можно увидеть любые, сколь угодно малые подробности объекта наблюдения или, говоря современным языком, что разрешающая сила идеального оптического прибора бесконечна. Качественно новым этапом в развитии теории оптических приборов являлась теория Эрнста Аббе и Д. Рэлея (70—80-е годы XIX в.), которые показали, что волно-



Эрнст Аббе
(1840—1905 гг.)

В 1869 г. И. Б. Листинг предложил новую конструкцию микроскопа, позволяющую, по его мнению, получить увеличение до 32 000 раз и более. В этой связи Г. Гельмгольц в 1874 г. в статье «Теоретическая граница способности микроскопа» поставил вопрос о пределах возможности повышения увеличения микроскопа без существенного ущерба для микроскопического изображения. Гельмгольц показал, что яркость изображения, даваемого оптическим инструментом, в самом лучшем случае может быть равна только яркости предмета, видимого невооруженным глазом. По этой причине в микроскопе Листинга при его предполагаемом громадном увеличении яркость изображения сделалась бы настолько ничтожной, что глаз не был бы в состоянии различить что-либо.

Однако Гельмгольц установил, что еще больше на качество изображения в микроскопе влияет дифракция, устанавливающая предел полезному увеличению микроскопа.

Таким образом, согласно теории Гельмгольца, существуют два рода явлений, ставящих предел разрешающей способности микроскопа: 1) уменьшение яркости изображения с ростом увеличения; 2) дифракция. По мере повышения увеличения неизбежно падает яркость изображения и растет дифракция, причем это ни в коей мере не зависит от конструкции микроскопа и является общим законом для всех оптических инструментов.

Иначе рассуждал Э. Аббе, поставивший задачу изготовления объекти-

вая природа света ставит предел разрешающей способности оптических систем в том смысле, что точка в пространстве предметов соответствует пятно ненулевого размера в пространстве изображений, и тем самым подобие между предметом и его изображением нарушено в пределах этого дифракционного пятна. Тем самым Аббе использовал данные физической оптики для объяснения теории оптического изображения [54].

Привлечение данных физической оптики к объяснению некоторых вопросов теории оптических систем было вызвано практической необходимостью и в первую очередь стремлением оптиков увеличить разрешающую способность микроскопов. Главное препятствие для дальнейшего совершенствования микроскопов оптики XIX в. видели в чисто технических трудностях, а именно в устранении сферической и хроматической аберраций. Вероятно, считалось, что увеличение микроскопа можно повышать беспрестанно.

вов на основании точных теоретических вычислений. В этой связи ему пришлось решать ряд вопросов, связанных со значением величины апертуры микроскопа и увеличением его разрешающей способности. Здесь теория тесно переплеталась с практикой.

После нескольких лет упорного труда ученого были впервые выпущены объективы оптических инструментов, изготовленные и рассчитанные исключительно на основании теоретических соображений и инженерных расчетов. В 1873 г. Аббе опубликовал свои исследования о микроскопе [54]. Этот оптический инструмент предстал в совершенно новом свете: впервые были выяснены функции объектива и окуляра, проведена классификация различных аберраций, разработана теория микроскопического изображения и, наконец, были установлены пределы разрешающей способности оптических инструментов.

Согласно теории Аббе, изображение в микроскопе получается двумя последовательными этапами: 1) образованием дифракционной картины в фокальной плоскости (x') по методу Й. Фраунгофера; 2) образованием из отклоненных пучков оптического изображения $A''B''$ в сопряженной плоскости x'' .

После теоретических исследований Аббе стали изготавливать оптические системы, почти достигающие границ тех возможностей, которые разрешаются волновой природой света.

Характеризуя роль творчества Аббе в развитии оптики, академик Д. С. Рождественский писал: «Аббе впервые ясно показал, что каждой остроте инструмента соответствует свой предел возможности. Нельзя грубыми пальцами обрабатывать даже мягкий материал с точностью до сотой миллиметра, для этого нужны тонкие инструменты. Тончайший же из всех инструментов — это длина волны. Нельзя видеть объекты меньше полудлины волны, — утверждает дифракционная теория Аббе, — и нельзя полу-

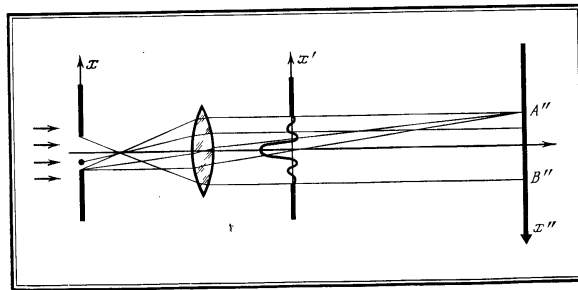


Схема образования изображения в микроскопе по Э. Аббе (1873 г.)

x' — фокальная плоскость; x'' — сопряженная плоскость, в которой расположено оптическое изображение $A''B''$, образованное отклоненным пучком лучей

чить изображения меньше полудлины волны, т. е. меньше $\frac{1}{4}$ микрона... Таким образом, гением Аббе установлено сознательное творчество в микроскопии и достигнуты пределы возможного» [55, с. 331].

Из всего сказанного следует, что именно волновые свойства света определяют предел разрешения в оптических приборах. В дальнейшем были предприняты попытки отказаться от световых волн и использовать для получения изображения в микроскопе более мелкие частицы материи — электроны, а затем и нейтроны. Использование для этой цели электронов привело к возникновению новых приборов — электронных микроскопов.

В рассматриваемый период произошли также и структурные изменения в технической оптике. Вплоть до конца XIX в. существовало мнение, что общая теория оптических систем, составляющая основу технической оптики, сводится лишь к геометрической оптике. Многие ученые-оптики считали, что теория оптических систем основана на двух-трех положениях (аксиомах) геометрической оптики, из которых дедуктивным образом могут быть получены все свойства этих систем. Однако по мере того, как расширялась область применения оптических систем и возникла настоятельная потребность в создании оптических систем с высоким качеством изображения, становилось необходимым учитывать также aberrации, возникающие вследствие явления дифракции. Знания законов только геометрической оптики оказалось недостаточным и возникла необходимость использования законов физической оптики. Кроме того, расширение области применения оптических систем в условиях темновой адаптации и в крайних областях спектра (ультрафиолетовой и инфракрасной), так же как и вопросы, связанные с оценкой качества изображения, требовали более глубокого знания свойств зрительного аппарата, т. е. возникла потребность и в привлечении законов физиологической оптики для проектирования и расчета оптических систем.

Переход к массовому производству оптических приборов потребовал также исследований допусков на конструктивные элементы оптических деталей, что также требовало глубоких знаний из области физической, физиологической оптики и фотометрии. Так постепенно усложнялась структура технической оптики и расширились ее взаимосвязи с другими естественными и техническими науками.

Другой характерной чертой этого периода является расширение областей применения технической оптики, для чего используются инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение и люминесценция. В результате исследований инфракрасного диапазона спектра и возможностей широкого практического использования этого вида излучения появилась новая область науки и техники — инфракрасная техника, а затем и новая область приборостроения — «оптико-электронные приборы». Получает дальнейшее развитие и спектроскопия — возникает инфракрасная спектроскопия — мощное средство для исследования молекулярной структуры веществ. Успехи, достигнутые в изготовлении фотографических объектов, значительно облегчили задачу массового изготовления спектрографов и других оптических инструментов и приборов.

Рассматриваемый период в развитии технической оптики ознаменовался также бурным развитием теории и практики оптических измерений. При историческом рассмотрении различных методов оптических измерений

обнаруживается закономерное их совершенствование параллельно с развитием оптических приборов и инструментов.

Первым методом испытания оптических систем («по звездам») мы обязаны Г. Галилею. Этот метод, несмотря на более чем трехсотлетнюю давность, часто употребляется и в настоящее время. Испытуемую оптическую систему в этом случае устанавливают так, чтобы образовалось действительное изображение звезды или ее «модели» — освещенного отверстия; при этом методе получаемое изображение рассматривают через окуляр (или микроскоп). Иными словами, мы, по существу, строим оптическую схему телескопа, при помощи которого наблюдаем звезду.

Однако хотя этот метод и был первым, но он далеко не был лучшим, так как не позволял установить, где именно следует искать дефект оптической системы и судить о величине этого дефекта. Понадобилось двести лет, пока были найдены новые методы измерений, встречающиеся прежде всего в классических произведениях Л. Фуко (1859 г.) [56]. В них он излагал три метода исследования оптических систем. Наибольшее распространение получил метод «ножа», позволяющий непосредственно наблюдать зональные ошибки и давать качественную оценку оптическим системам. Этот метод применяют и по сей день при изготовлении точных астрономических объективов. Он основан на введении тонкого края экрана (лезвия ножа) в изображение бесконечно удаленной точки (звезды), образуемое оптической системой в ее фокусе.

Хотя вклад Фуко в развитие практической оптики велик, все же его методы оптических измерений не были безупречны. В 1880 г. Г. Фогель ввел важное усовершенствование измерительного прибора для оценки хроматической aberrации оптических систем. На оси испытуемой оптической системы он предложил установить спектроскоп таким образом, чтобы изображение звезды получалось прямо на щели. Если хроматическая aberrация отсутствовала, то ширина светящегося диска на щели для всех длин волн была одинакова.

Фогель предложил также и более простой, но менее точный способ контроля величины хроматической aberrации, получивший название метода окулярного спектроскопа. Эти методы Фогеля были первыми количественными методами оценки величины хроматизма оптических систем.

В 1904 г. Л. Ритчи использовал видоизмененный «метод ножа» Фуко для оценки величины сферической aberrации. Однако этот способ не получил широкого распространения, потому что в том же 1904 г. И. Гартман опубликовал свой метод, пригодный для точных измерений как сферической, так и хроматической aberrаций.

Метод Гартмана был основан на геометрическом представлении о луче как о прямой линии. Для осуществления измерений перед испытуемым объективом на пути хода параллельного пучка лучей, вышедшего из объектива коллиматора, в фокальной плоскости которого помещалась диафрагма с круглыми отверстиями, ставили непрозрачный экран с отверстиями малого диаметра. Точность измерения aberrаций при этом методе составляла $\pm 0,01 - \pm 0,02$ мм. К недостаткам метода Гартмана следует отнести необходимость большого количества измерений для получения требуемых результатов.

Все указанные выше методы были основаны на законах геометрической оптики без учета волновых свойств света. Только в 1912 г. появился пер-

вый интерференционный метод. В 1918 г. был построен интерферометр Ф. Твеймана. В основе его лежала идея получения от исследуемой оптической системы световой волны, которая при отсутствии aberrаций должна быть совершенно плоской. Эту волну он сравнивал с другой заведомо плоской волной. Таким образом, Твейман считал, что геометрической оптики уже недостаточно для правильной оценки качества работы оптической системы и необходимо учитывать волновые свойства света. В дальнейшем был предложен ряд интерференционных методов испытания оптических систем (интерферометры Майкельсона, Ветцмана, Френеля).

Все перечисленные выше методы служили в основном для измерений aberrаций оптических систем. Вместе с тем на практике часто требовалось измерить такие характеристики оптической системы, как ее фокусное расстояние и увеличение. Конструкции соответствующих приборов для указанных целей были предложены во второй половине XIX в. Э. Аббе. Измерение фокусного расстояния по методу Аббе было основано на определении увеличения для нескольких (не менее чем для двух) различных положений предмета, находящегося на оптической оси испытуемой оптической системы, причем расстояние между положениями предмета должно быть известно.

Для измерения увеличения микроскопа Аббе предложил прибор,

Оптические измерительные приборы Э. Аббе, изготовляемые на фирме «Карл Цейс» (Германия, вторая половина XIX в.)

Вверху — апертометр Аббе, установленный на предметном столике микроскопа; внизу — фокусометр Аббе

получивший название «рисовального прибора Аббе». В настоящее время этот прибор используют в основном для зарисовки предметов, видимых в поле зрения микроскопа.

Для определения числовой апертуры объектива микроскопа в конце XIX в. применяли апертометр Аббе, состоящий из полукруглой стеклянной пластинки с нанесенными на ней двумя шкалами и подвижными рамками. Кроме этих оптических измерительных приборов, Аббе разработал конструкции рефрактометра, сферометра и контактного микрометра. Эти приборы предназначались для точного измерения показателя преломления, радиусов кривизны линз и измерения длин различных предметов.

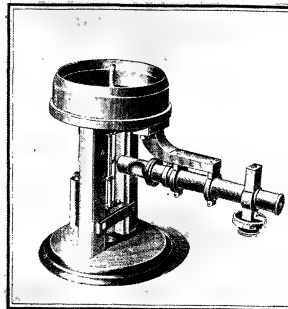
Заметных успехов в развитии оптики в конце XIX — начале XX в. достигли и русские ученые.

Так, в 1888—1889 гг. профессор Московского университета А. Г. Столетов провел большое число оригинальных опытов по изучению фотоэлектрического эффекта, в результате которых установил основные законы внешнего фотоэффекта и истинные причины этого явления [57]. Эти работы получили мировую известность и стали основополагающими в области изучения фотоэлектрических явлений. Крупный вклад в теоретическую оптику рассматриваемого периода внесли П. Н. Лебедев, Б. Б. Голицын, Т. П. Краевик, П. П. Лазарев, А. Ф. Иоффе и др.

Замечательные экспериментальные исследования по оптике были выполнены в 1905—1912 гг. Н. А. Умовым. Открывая им зависимость между поляризацией света и его поглощением легла в основу нового оригинального метода изучения поглощения тел, названного им спектрополярикопическим. Метод Умова позволял определить полосы поглощения в тех случаях, когда другие методы были неприменимы. Например, он давал возможность исследовать растворы очень малой концентрации.

Для практической реализации своего метода Н. А. Умов в 1912 г. разработал специальный прибор [59], состоящий из подъемного горизонтального столика, на котором помещался объект исследований; двух труб, коллиматорной и зрительной, каждая из которых может вращаться в вертикальной плоскости. В качестве источника света использовали лампу Нернста. Этот спектрополярикопический прибор был изготовлен по указаниям Умова немецкой фирмой Р. Фюсса. Из переписки Умова с руководителем этой фирмы К. Лейссом видно, что Умов до конца своих дней работал над усовершенствованием прибора [60].

Одновременно велись работы по технической оптике под руководством А. Н. Крылова, Я. Н. Перепелкина и А. Л. Гершуна, который был



Сферометр Э. Аббе (вторая половина XIX в.)

не только специалистом в области оптического приборостроения. Его перу принадлежат работы по технической оптике. В работе «Об оптических инструментах» (1898 г.) А. Л. Гершуна на основании тщательного анализа состояния оптики наметил дальнейшие пути развития оптического приборостроения. Он считал необходимым применение законов физической оптики для развития общей теории оптических систем, а следовательно, и для конструирования и расчета совершенных оптических приборов: «Конструкция оптических инструментов, возросшая на учении о луче, дошла в настоящее время благодаря требованиям науки и практики уже до столь высокого совершенства, что дальнейшие успехи ее сделались возможными лишь при условии более внимательного изучения самого процесса появления оптического изображения; это, в свою очередь, вызвало необходимость оставить понятие к основному представлению о волне и ее измерениях» [61]. Не менее важной была работа А. Л. Гершуна об исследовании оптических свойств фотографических объективов (1894 г.). Уже в начале своей деятельности он понимал важное значение организации производства оптического стекла для дальнейшего развития оптического приборостроения в России. 2 декабря 1894 г. на заседании Русского технического общества он сделал сообщение: «О приборе для исследования качества вообще оптических стекол» [62]. В дальнейшем задача организации в России производства оптического стекла была блестяще решена Д. С. Рождественским, И. В. Гребенчиковым, Н. Н. Качаловым, А. А. Лебедевым и рядом других русских ученых.

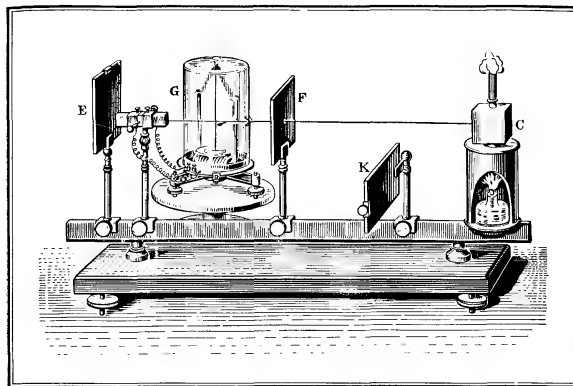
В конце 1918 г. в Петрограде по инициативе выдающегося ученого, профессора Петроградского университета Д. С. Рождественского [63] был создан Государственный оптический институт (ГОИ) [64].

4 ЗАРОЖДЕНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Толчком к развитию оптико-электронных приборов выдисло обнаружение в 1800 г. английским астрономом Вильямом Гершелем нового явления природы — инфракрасного излучения [65].

Ученый провел серию опытов, чтобы выяснить, какой нагревающей способностью обладают различные участки солнечного спектра [66]. Он исследовал спектр, спроектированный на стол с помощью призмы, используя в качестве приемника солнечных лучей чувствительный ртутный термометр, который можно было передвигать вдоль спектра. Гершель был удивлен, обнаружив, что нагрев возрастал по направлению к красному концу спектра и не достигал максимума до тех пор, пока термометр не был выдвинут за границу видимого участка спектра. Этим он установил такой вид излучения, которое, проходя через призму, преломляется меньше, чем красный свет, и к которому глаз нечувствителен. В опыте В. Гершеля естественный приемник солнечного излучения — глаз, заменен искусственным приемником — термометром.

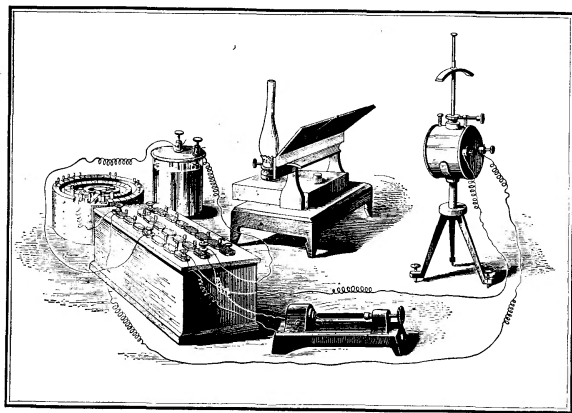
Улучшение качества работы первого приемника инфракрасного излучения — термометра — эволюционными путем, т. е. путем совершенствования его конструкции, не дало удовлетворительного результата. Необходимо было найти другие физические явления, связанные с характерным



Использование термобатареи М. Меллони с гальванометром для исследования инфракрасного излучения (Италия, середина XIX в.)

действием инфракрасных лучей, т. е. необходим был революционный скачок в развитии приемников излучения. В 1830 г. был изобретен прибор для измерения малых разностей температур («термопары»), основанный на термоэлектрическом эффекте, который был открыт Т. И. Зеебеком в 1821 г. Термопара стала не только индикатором излучения, но и преобразователем его в иной вид энергии — электрическую энергию. Несколько таких термопар, соединенных последовательно, были использованы итальянским ученым М. Меллони (1835 г.) в качестве приемника излучения и были названы термоэлектрической батареей или термостолбиком. Такой прибор был намного чувствительнее использовавшихся ранее термометров и в течение следующего полувека стал наиболее широко применяемым приемником излучения.

Использование термомультипликатора в установке В. Гершеля привело, по существу, к созданию первой оптико-электронной системы [67]. При помощи термобатареи Меллони значительно расширил наблюдаемый диапазон инфракрасного спектра, однако до открытия спектрального анализа в 50-х годах XIX в. и в первые 10—15 лет после его открытия наука мало продвинулась в направлении создания новых приемников излучений. Это объяснялось двумя причинами: во-первых, отсутствие практически пригодных гальванометров достаточной чувствительности сильно снижало точность этого метода, во-вторых, в указанный период, когда развитие спектроскопии было нацелено главным образом для удовлетворения практических нужд химии и металлургии, казалось возможным ограничиться изучением



Микротазиметр Т. А. Эдисона и его использование совместно с гальванометром для измерения интенсивности инфракрасного излучения (США, 70-е годы XIX в.)

видимой и отчасти ультрафиолетовой областей спектра. Лишь с развитием нефтеперерабатывающей промышленности и синтеза тяжелых органических соединений спектральный анализ в инфракрасной области спектра начал постепенно приобретать все большее практическое значение. Тем не менее во второй половине XIX в. развитие термоэлектрических методов регистрации инфракрасного излучения получило толчок в связи с изучением распределения энергии в спектре, потребовавших применения измерительных приборов, не обладающих селективными свойствами. Кроме того, возможность использования тепловых приемников для определения температуры удаленных источников (звезд, планет) по их тепловому излучению, давно привлекало внимание астрономов. Начиная с 1870 г. телескоп в сочетании с термоэлектрическим приемником использовался для радиометрического определения температуры Луны и других планет [68].

В 1873 г. эти исследования были продолжены Е. Россом. Им был сформулирован закон поглощения инфракрасного излучения Луны земной атмосферой, зафиксированы изменения излучения в зависимости от фаз Луны [69]. В 1885 г. С. П. Ланглей провел радиометрические измерения во время лунного затмения [70].

В 70-х годах XIX в. появился новый тип приемника теплового излучения, созданный Т. А. Эдисоном и названный им тазиметром. Идея создания этого приемника излучения возникла у Эдисона во время работы над проблемами постройки различных конструкций телефонных аппаратов.

Ученый обнаружил, что тепловая радиация может быть определена по изменению электрического сопротивления элемента из прессованного угля, соединенного с приемной площадкой, на которой фокусируется тепловое излучение. Эдисон использовал тазиметр совместно с зеркальным гальванометром Томсона для определения температуры нагретых тел на расстоянии. Эдисон считал свой приемник излучения более чувствительным, чем термостолбик М. Меллона, и рекомендовал его мореплавателям для распознавания приближения ледяных гор, раньше чем они станут видимыми невооруженным глазом. Однако для перехода к более широкому практическому использованию инфракрасного излучения и созданию новых оптико-электронных систем необходимо было заложить научный фундамент — физические основы оптико-электронного приборостроения.

Одной из важных проблем физики конца XIX в. было научное обоснование распределения длин волн теплового излучения, испускаемого нагретой средой сквозь малое отверстие, т. е. моделью черного тела. Один из пионеров инфракрасной техники С. П. Ланглей в 1889 г. писал: «...непосредственно перед нами встает одна громадная проблема, ожидающая решения. Я имею в виду установление связи между температурой и излучением, ибо мы почти ничего об этом не знаем; ...этот вопрос интересует сейчас всех ученых» [71]. Решение этой проблемы привело к созданию в 1900 г. Максом Планком квантовой теории.

Основные законы инфракрасного излучения были открыты Г. Кирхгофом (1859), И. Стефаном (1879), Л. Больцманом (1884), Б. Б. Голицыным (1890—1893), В. Вином (1894—1896), Дж. В. Рэлеем и Дж. Х. Джинсом (1900—1903), М. Планком (1900) [67].

Следующей важной проблемой, которая занимала большинство исследователей инфракрасной области спектра, было определение длинноволнового предела инфракрасного излучения. Применяемые средства обнаружения ИК-излучения были крайне несовершенны, необходимо было создать принципиально новые, более совершенные и чувствительные приемники инфракрасных лучей. Важным шагом в этом направлении было создание термобатарей (М. Меллон, 1835) и болометра (С. П. Ланглей, 1880). Возрастающая чувствительность приемников давала возможность использовать дифракционные решетки для получения более высокой дисперсии и для измерения длин волн.

В 1861—1864 гг. Дж. Максвеллом была разработана теория электромагнитных волн. Электромагнитная природа инфракрасного излучения была подтверждена опытом, поставленным в 1889 г. Г. Герцем, которому удалось создать электрическим способом инфракрасное излучение с очень большой длиной волны (порядка нескольких миллиметров). Было доказано, что не существует разницы между электромагнитными волнами, созданными электрическими или термическим путем. Более того, эксперименты с инфракрасным излучением во многом подтвердили электромагнитную теорию Максвелла. С 1896 г. начинаются встречные поиски по генерированию все более и более коротких волн Герца.

В 1896 г. русский физик П. Н. Лебедев, продолжая опыты Г. Герца, нашел простой способ генерирования электромагнитных волн длиной 1 см. Способ получения длинноволнового излучения, предложенный Лебедевым, состоял в отсереживании из всего спектра длинноволнового излучения отражением его от металлических решеток.

Работы П. Н. Лебедева были продолжены русской ученой А. А. Глаголевой-Аркадьевой [73]. В 1922—1924 гг. она показала, что ИК-излучение с длиной волны 90 мкм можно генерировать возбуждением маленьких осцилляторов Герца в виде латуных оплох, погруженных в масло [74]. В 1923 г. Э. Ф. Николь и И. Д. Тир, используя дифракционную решетку для измерения длин волн, показали, что можно генерировать волны Герца коротче 220 мкм. В последующие годы стало возможным генерирование когерентных волн порядка нескольких миллиметров и стало ясно, что разрыв между длинноволновым ИК-излучением и радиоволнами был ликвидирован.

Таким образом, соединились спектры радиоколебаний и инфракрасного излучения, поэтому верхняя длинноволновая граница последнего является чисто условной. Обычно длинноволновой границей инфракрасного излучения принято считать 750 мкм.

Итак, на протяжении XIX — начала XX вв. было установлено, что инфракрасное излучение занимает невидимую для глаза область электромагнитного спектра, начинающуюся непосредственно за видимыми красными лучами и простирающуюся условно до области микрорадиоволн, т. е. диапазон от 0,75 до 1000 мкм.

Так как этот диапазон перекрывает довольно большую область электромагнитного спектра, то для удобства весь ИК-диапазон излучений разделяют на три поддиапазона: коротковолновый (0,75—1,5 мкм), средневолновый (1,5—10 мкм), длинноволновый (10—1000 мкм).

Такое подразделение определяет главным образом областями использования этих излучений и приборами, применяемыми для их обнаружения и измерения.

Видимый спектр является небольшой специфической областью электромагнитного спектра излучения и ограничен, с одной стороны, коротковолновым ультрафиолетовым излучением, а с другой — длинноволновым инфракрасным излучением. Излучения большинства нагретых тел имеют длины волн порядка нескольких микрометров. Излучение земной поверхности имеет длину волны около 10 мкм. Существенное различие между радиоволнами и волнами инфракрасного излучения то, что радиоволны можно генерировать электрическим путем, как группы волн с четко определенной фазой. Наиболее короткая волна, при которой это возможно, приближается к 1 мм. Ближнее инфракрасное излучение обладает почти всеми физическими свойствами видимого света, за исключением того, что оно невидимо для глаза. Поэтому для его обнаружения и измерения применяют большей частью те же методы, которые используют для обнаружения и измерения видимого света.

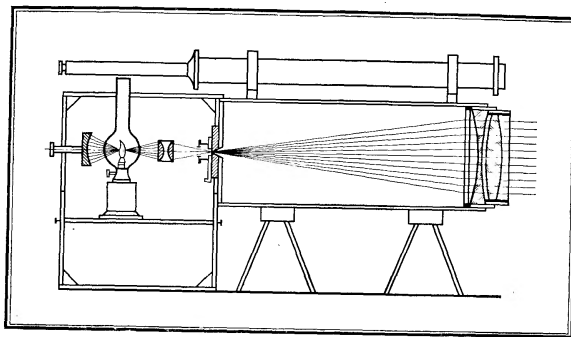
Отличительными особенностями инфракрасного излучения, определившими в конечном итоге его применение, являются: 1) совпадение энергии квантов инфракрасного излучения с энергией переходов между энергетическими уровнями молекул и свободных электронов в веществе; именно инфракрасная область спектра заключает в себе огромный объем информации о состоянии вещества на молекулярном уровне; 2) в инфракрасной области спектра сосредоточено тепловое излучение тел с температурами от 4 до 3000 К.

Сам термин «инфракрасное излучение» был впервые введен В. Абне-ем в 1881 г.

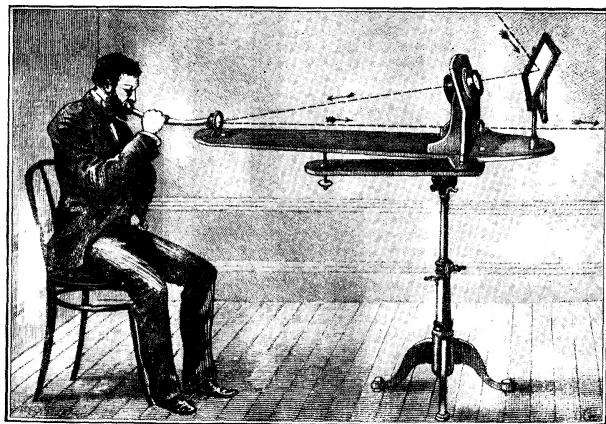
Разработка физических принципов оптико-электронной техники и создание новых приемников излучений способствовали расширению областей ее применения. Вначале инфракрасные приборы использовали только для лабораторных исследований самого излучения. С 1870 г. астрономы стали применять приемники излучения (термоэлементы) с телескопами для оценки температуры звезд и планет по их тепловому излучению. Дальнейшее развитие тепловых приемников излучений, стимулировавшееся новыми потребностями науки и техники, привело к созданию разнообразных пирометрических приборов, которые стали новым средством для изучения тепловых явлений.

В рассматриваемый период бурное развитие получают оптические системы связи. В 1870 г. был изобретен светосигнальный прибор Манжана, который долго применялся в XIX в. в различных армиях. Он состоял из керосиновой лампы, расположенной в металлическом ящике. Пламя лампы, находившееся в фокусе линзы диаметром около 100 мм, давало параллельный световой пучок, прерыванием которого и подавались телеграфные сигналы по азбуке Морзе. Примерно в это же время (середина XIX в.), когда не только не существовало фотоприемников, необходимой частью всякого оптико-электронного прибора, но и сам фотоэлектрический эффект еще не был открыт, делались попытки создать прибор для передачи и приема оптических сигналов, модулированных звуковой частотой. В качестве индикаторов приходящих сигналов применялись довольно грубые устройства, действие которых основывалось на тепловом нагревании световыми лучами. Понятно, что такого рода устройства не могли работать удовлетворительно: они были мало чувствительны и обладали большой инерционностью. Только после развития техники изготовления фотоэлементов оптическая телефония получила основу для своего развития. В 1880 г. А. Г. Белл построил так называемый фототел, состоящий из передатчика, модулированного звуковой частотой пучка лучей, и приемника с селеновым фотоэлементом. Вышедший из передатчика параллельный пучок лучей падал на зеркальную мембрану микрофона и после отражения от нее направлялся к приемной станции. При колебаниях мембраны поверхность ее деформировалась и в зависимости от степени отклонения от плоскости пучок отраженных ею лучей становился более или менее расходящимся. В приемную часть, следовательно, поступало большее или меньшее количество света. 1880 г. можно считать годом рождения оптических систем связи. На протяжении последующих лет было разработано и описано различными авторами несколько систем оптических телефонов, различающихся между собой по преимуществу способами получения модулированного пучка световых лучей. Наибольший интерес представляет способ модуляции светового потока, предложенный в 1897 г. Г. Симоном. Он использовал в качестве источника излучения дуговую лампу, предложенную русским изобретателем П. Н. Яблочковым, установленную в фокусе передающего параболического зеркала. Излучение лампы модулировалось системой, состоящей из микрофона, трансформатора и источников питания. Дальность работы телефона Симона была в десять раз больше дальности работы фотофона Белла и достигала примерно 2,5 км.

Интересно отметить, что еще до применения фотоэлементов в оптической телеграфии и телефонии К. Циклер предложил оригинальный способ опти-



Оптический телеграф Манжена (1870 г.)



Работа на световом телефоне А. Г. Белла (1880 г.)

ческой связи на ультрафиолетовых лучах. Дальность передачи при этом составляла более 1 км, однако практического применения такой способ связи не получил вследствие несовершенства приемного устройства.

Следующая попытка использования ультрафиолетового диапазона спектра для средств связи принадлежит К. Майорана (Италия). В своем оптическом телефоне он впервые применил комбинацию фотоэлемента и однолампового усилителя. Дальность действия оптического телефона Майорана составляла 16 км. Источником излучений служила ртутная дуговая лампа с фильтром. Модуляция осуществлялась по способу «говорящей дуги».

В конце XIX в. были проведены также эксперименты по использованию инфракрасных лучей для оптической связи. В качестве приемников излучений в системах оптической связи такого типа вначале использовались термобатареи М. Меллони.

С исторической точки зрения интерес представляет термофон Е. Меркадье. В отличие от фотофона Белла модуляция излучений достигалась здесь посредством применения специального вращающегося стеклянного диска — раstra, имеющего несколько concentрических рядов равноотстоящих отверстий.

Последовавшее в конце XIX — начале XX в. бурное развитие электротехники и в частности техники проводной связи — телефона отнесло оптическую телефонию, а получившее во время первой мировой войны чрезвычайно широкое распространение радио, казалось, совсем вытеснило ее из арсенала техники связи. Однако опыт той же войны показал, что в большом числе случаев в тактическом отношении оптические средства связи имеют значительные преимущества перед прочими ее видами. Отсутствие необходимости прокладывать линию связи между пунктами приема и передачи выгодным образом отличало оптическую связь от проводной. В то же время радио, как оказалось, не всегда может успешно разрешить проблему беспроводной связи (к недостаткам радиосвязи следует отнести взаимные помехи и трудности связи при значительном насыщении радиосредствами эфира, а также трудность сохранения секретности связи и, следовательно, возможность перехвата радиосообщений и целенаправленной перехвата). Оптическая телефония в большой степени свободна от недостатков того и другого способов связи. Применение хорошо рассчитанной оптики и правильный выбор источника света позволяли получать столь малый конус распространения световых сигналов, что перехват их становился практически невозможным.

Создание новых приемников излучений (фотоэлементов, фотосопротивлений и т. д.), а также изобретение способа усиления фототоков резко повысило чувствительность и дальность действия оптических телефонов.

В 20-х годах XX в. Майорана (Италия) в своей системе оптического телефона усовершенствовал способ Белла: модулирующее зеркальце, связанное с мембраной, помещено не в параллельном пучке лучей, а в месте изображения источника света [10]. Это позволило значительно уменьшить размеры передающего зеркальда и его вес и тем самым улучшить качество передачи. Им же был сконструирован первый оптический телефон, работающий в инфракрасной области спектра. В конце 20-х годов Ф. Шреттер создал самый совершенный в то время оптический телефон, работающий в инфракрасном диапазоне спектра [11]. Его передающая часть включала

в себя микрофон, микрофонный усилитель, выполненный на трехэлектродной лампе, и источник излучения — гелиевую лампу тлеющего разряда с инфракрасным фильтром. Приемная часть состояла из двухлампового электронного усилителя фотоэток и селен-теллурового фотоэлемента в качестве приемника излучений. Дальность действия такого оптического телефона достигала 20 км (при работе в ночных условиях). Усовершенствованиям подверглись и способы модуляции светового потока.

Значительное увеличение чувствительности приемников излучений, полученное С. П. Ланглем в 1880 г. при помощи балометра, послужило стимулом для новых работ в области оптико-электронной техники.

Стимулом к созданию новых фотоэлектрических приемников послужило открытое У. Смитом в 1873 г. явление, при котором в результате поглощения излучения снижается электрическое сопротивление материала без изменения его температуры. Это явление получило название эффекта проводимости, или внутреннего фотоэффекта. Смит обнаружил, что при облучении светом селеновой пластинки ее электрическое сопротивление уменьшается. Указанное открытие вызвало в XX в. бурное развитие фотоэлектрических приемников с внутренним фотоэффектом, получивших в дальнейшем название фотосопротивлений, что, в свою очередь, было новым качественным скачком в развитии приемников излучений и привело к появлению ряда оптико-электронных приборов различного назначения.

Первое высокочувствительное фотосопротивление было создано Гасе в 1917 г. после установления того факта, что сернистый таллий обладает фотопроводимостью. В течение последующих пятнадцати лет многочисленные лаборатории всего мира занимались исследованием фотопроводимости и связанным с ней явлениями. В годы первой мировой войны Кейз изобрел чувствительное фотосопротивление — таллофид. Наряду с высокой чувствительностью (до 10^{-8} Вт) элементы Кейза обладали малой инерционностью по сравнению с термоэлементами и болометрами.

К 1917 г. на основе нового фотоприемника — таллофида были созданы оптико-электронные системы связи, а также приборы выведения самолетов на посадку и удержание определенного положения конвоя [75].

Появление таллофидного приемника излучений позволило также Г. Хамонду создать в 1920—1925 гг. оптико-электронную систему теплопеленгатора для обнаружения кораблей [76]. Система реагировала на появление цели изменением тональности звукового сигнала. Вскоре после окончания первой мировой войны фирма «Дженерал Электрик» поставила ряд опытов по теплопеленгации воздушных целей. Сконструированная аппаратура давала возможность при благоприятных метеорологических условиях обнаружить легкий бомбардировщик на расстоянии до 40 км.

Бесма существенно на развитие оптико-электронного приборостроения повлияло открытие и создание новых оптических материалов, используемых в инфракрасной области спектра. Первыми материалами, прозрачными для ИК-лучей, были природные кристаллы: кварц, каменная соль, селвин, флюорит и др. Их оптические свойства были изучены уже в конце XIX в. Вследствие того что оптический блок является входным блоком оптико-электронного прибора, поиск новых материалов для изготовления линз стал важной задачей при создании новых приборов.

Развитие оптических систем оптико-электронных приборов продвиг-

нулось с использованием специальных оптических элементов — конденсоров, трансформирующих световой пучок после объектива и способствующих согласованию оптической системы с чувствительной площадкой приемника излучений. По мере совершенствования оптико-электронных приборов усложнились и их оптические схемы: вводились новые оптические компоненты — компенсаторы, фильтры, модуляторы, а для получения информации о свойствах излучателей — анализаторы изображения (светоделительные блоки и пирамиды, растры и др.).

Возможность использования оптико-электронной техники для военных нужд ускорила ее развитие. Благодаря довольно высокому уровню развития неселективных приемников (термоэлементов и болометров) в США, Англии и Германии в начале XX в. делаются попытки использовать инфракрасное излучение в военных целях. В ходе первой мировой войны в этих странах были разработаны системы оптической связи и тепловой пеленгации. С. Гофман описал в 1919 г. одну из самых ранних оптико-электронных систем с использованием неселективного приемника излучений и гальванометра [77]. С помощью этой системы человек мог быть обнаружен на расстоянии 182 м, а самолет — на расстоянии до 1,6 км. Оптическая головка теплопеленгатора Гофмана состояла из двух отражательных зеркал и трех встречно включенных термоэлектрических приемников излучений.

Начало XX в. характеризуется бурным развитием военной техники, и в первую очередь авиации. Чтобы поразить воздушную или наземную цель, недостаточно было иметь только пулеметы и пушки, хотя и самого отличного качества, нужны были также совершенные прицелы и эффективные способы прицеливания. Изыскивались различные способы поражения противника с больших расстояний, способы поражения воздушных и наземных целей с высокой степенью точности. Решение этих вопросов привело к появлению различного рода устройств тепло- и радиопеленгации, а также оптико-электронных систем автоматического сопровождения движущихся источников.

Применение инфракрасного излучения для наведения снарядов было вполне закономерным, так как большинство военных целей излучает большую часть тепловой энергии именно в инфракрасном диапазоне спектра. Тактика бомбометания также требовала создания таких устройств, которые позволили бы самолету-бомбардировщику выйти из боя сразу же после сброса бомбы. Для решения этой проблемы необходимо было создать устройство, которое было бы способно принять на себя часть логических функций, исполняемых летчиком. Идея создания такого устройства (ракеты с тепловой головкой самонаведения) принадлежит русскому ученому К. Э. Циолковскому [67].

В 1903 г. К. Э. Циолковский в статье «Ракета в космическом пространстве» впервые высказал идею самонаведения управляемых снарядов в технически приемлемой форме. Он писал: «Может быть, ручное управление движением снаряда окажется не только затруднительным, но и прямо практически невозможным. В таком случае следует прибегнуть к автоматическому управлению... Возможно употребить для этой цели магнитную систему или силу солнечных лучей, сосредоточенных с помощью двояковыпуклого стекла. Каждый раз, когда снаряд с трубой поворачивается, маленькое и яркое изображение солнца меняет относительное положение